UNIVERSITÉ DU BURUNDI

GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI

Dépôt institutionnel officiel

https://repository.ub.edu.bi

Contribution à l'évaluation de la qualité de quelques boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre : Cas de la province Cibitoke (BURUNDI)

Hakoriryayo, Didace; Sous la direction de : Prof. Bararunyeretse Prudence

2024

UB, EANSI

https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/1897

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCES INSTITUTE (EANSI)

DEPARTEMENT : SCIENCES DES ALIMENTS ET NUTRITION

CONTRIBUTION A L'EVALUATION DE LA QUALITE DE QUELQUES BOISSONS A BASE DE FRUITS ET CELLES AROMATISEES AU GINGEMBRE VENDUES EN PROVINCE CIBITOKE (BURUNDI)

Par :

Didace HAKORIRYAYO

Mémoire Présenté et défendu publiquement en vue de
l'obtention du Diplôme de Master
en Sciences des Aliments et Nutrition

Spécialité : Technologie et Qualité des Aliments

Sous la direction de :

Prof. BARARUNYERETSE Prudence

Bujumbura, Octobre 2024

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY

Président du jury	: Professeur NZIGAMASABO Aloys
Secrétaire du jury	: Ir NTEZIRYAYO Vincent Msc
Directeur de Mémoire	: Professeur BARARUNYERETSE Prudence

DEDICACES

A ma très chère épouse ;

A mes enfants ;

A mes regrettés parents ;

A mes frères et sœurs ;

A tous ceux qui me sont chers.

REMERCIEMENTS

Louange à Dieu qui nous a donnés l'esprit, la volonté, le courage et le savoir pour réaliser ce travail.

Je voudrais adresser toute ma gratitude à mon directeur de mémoire Professeur BARARUNYERETSE Prudence, Enseignant-chercheur et Doyen de la Faculté des sciences à l'Université du Burundi pour son implication dans la réalisation de ce travail. Ses orientations, sa rigueur scientifique, ses judicieux conseils et ses qualités humaines et professionnelles m'ont servi de guide durant la réalisation de ce mémoire.

J'exprime aussi mes vifs remerciements aux membres du jury :

Professeur NZIGAMASABO Aloys, qui, malgré ses obligations a bien voulu accepter de présider le jury de ce mémoire ;

Ir NTEZIRYAYO Vincent Msc, pour nous avoir honorés et acceptés d'examiner ce travail.

Je tiens aussi à adresser mes remerciements les plus vifs à tous les enseignants et le personnel technique et administratif de l'EANSI qui ont participé à ma formation tant intellectuelle qu'humaine.

Mes remerciements vont à l'endroit de la Banque Africaine de Développement (BAD) pour le financement de ce deuxième cycle de ma formation académique et au gouvernement du Burundi pour tous les appuis financiers qu'il m'a accordés.

Je suis également reconnaissant envers les responsables du Centre Nationale de Technologie Alimentaire (CNTA), particulièrement envers le responsable du laboratoire de Biochimie Monsieur NDIKURIYO Pascal pour son accueil ainsi que son orientation. Je remercie aussi Monsieur NIKWIBIGOMBA Marcel pour son assistance technique pendant le déroulement des analyses biochimiques.

Un grand merci est adressé également à la Direction générale du Bureau Burundais de Normalisation et de Contrôle de la Qualité (BBN) qui m'a accueillie et m'a donnée tout le nécessaire afin de conduire les analyses microbiologiques et physicochimiques.

Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail trouvent ici l'expression de mes sentiments de satisfaction et de reconnaissance.

HAKORIRYAYO Didace

RESUME

Le contrôle de la qualité microbiologique et physicochimique des boissons vise à protéger la santé du consommateur et à soutenir le développement agroindustriel vis-à-vis des exigences du marché mondial. Cette étude a pour but d'évaluer la qualité des boissons Muvango Tangawizi, Akanovera Tangawizi, Raha Tangawizi, Nakeza Tea, Fungus Tea, Kosora Tangawizi, Kirungo Tangawizi, Ajeniteka Tangawizi, Novaria Gingembre, Akacu Naturelle, Jus de Banane A, Jus Gashokaneza, Jus de banane B et Jus Mera neza vendues en province Cibitoke. Cent cinquante-trois échantillons pris aléatoirement et collectés en quatre séries d'échantillonnage dans deux communes (Rugombo et Mabayi) de la province Cibitoke ont été analysés. Les résultats trouvés ont été comparés aux normes de la commission du codex alimentarius et du BBN. L'analyse physicochimique s'est limitée sur la détermination du degré brix par réfractométrie, du pH par pH-mètre, de l'acidité totale par titrimétrie et de la teneur en alcool éthylique par l'alcoométrie. L'analyse microbiologique était centrée sur la présence et taux de la flore aérobie mésophile totale (ISO 4833-1), coliformes totaux (ISO 4832), *salmonella (*ISO 6579-1), *Escherichia coli (*ISO 16649-3), levures et moisissures (ISO 21527-2). L'analyse physicochimique a montré que le degré brix varie de 6 à 15,94% pour les échantillons pris au niveau des unités de transformation (EPNUT) et de 2,76 à 14,49% pour les échantillons collectés au niveau des points de vente formelle (ECNPVF). Le pH des boissons collectées à tous les niveaux varie de 3,41 à 5,53 pour les jus de fruits et de 3 à 4,98 pour les boissons aromatisées au gingembre. L'acidité totale (AT) des jus de fruits varie de 2,36 à 3,95g/l pour les ECNPVF et de 2,3 à 7,63g/l pour les EPNUT. Pour les boissons aromatisées au gingembre, l'AT varie de 4,73 à 15,46g/l pour les ECNPVF et de 3,35 à 5,40g/l pour les EPNUT. Pour les jus de fruit, la teneur en alcool éthylique (AE) varie de 0 à 0,25% pour les ECNPVF et de 0 à 0,64% pour les EPNUT. Les boissons aromatisées au gingembre varient de 0 à 12,63% d'AE pour les ECNPVF et 0 à 6,42% d'AE pour les EPNUT. Les résultats d'analyses microbiologiques ont montré que les boissons aromatisées au gingembre BRt2 et BFt4 renferment un taux de microorganismes d'altération (144 et 86 UFC/ml) non conforme aux limites normatives exigées par le BBN et la commission du codex alimentarius. Une étude basée sur la qualité hygiénique, nutritionnelle et organoleptique mérite d'être menée afin de compléter ce travail en examinant la qualité de toutes les boissons vendues au Burundi.

Mots clés : Qualité microbiologique, qualité physicochimique, boisson aromatisées au gingembre et jus de fruits.

ABSTRACT

Controlling the microbiological and physicochemical quality of beverages aims to protect consumer health and support agro-industrial development in the face of global market demands. The aim of this study was to assess the quality of the beverages Muvango Tangawizi, Akanovera Tangawizi, Raha Tangawizi, Nakeza Tea, Fungus Tea, Kosora Tangawizi, Kirungo Tangawizi, Ajeniteka Tangawizi, Novaria Gingembre, Akacu Naturelle, Jus de Banane A, Jus Gashokaneza, Jus de banane B and Jus Mera neza sold in Cibitoke province. One hundred and fifty-three random samples collected in four sampling rounds in two communes (Rugombo and Mabayi) in Cibitoke province were analysed. The results were compared with the standards of the Codex Alimentarius Commission and the BBN. The physico-chemical analysis was limited to the determination of the brix degree by refractometry, the pH by pH-meter, the total acidity by titrimetry and the ethyl alcohol content by alcoholometry. Microbiological analysis focused on the presence and rate of total aerobic mesophilic flora (ISO 4833-1), total coliforms (ISO 4832), salmonella (ISO 6579-1), Escherichia coli (ISO 16649-3), yeasts and moulds (ISO 21527-2). The physicochemical analysis showed that the Brix degree varied from 6 to 15.94% for samples taken at processing units (STPU) and from 2.76 to 14.49% for samples collected at formal points of sale (SCFP). The pH of the drinks collected at all levels ranged from 3.41 to 5.53 for fruit juices and from 3 to 4.98 for ginger-flavoured drinks. The total acidity (TA) of the fruit juices ranged from 2.36 to 3.95g/l for the SCFP and from 2.3 to 7.63g/l for the STPU. For ginger-flavoured drinks, the TA ranged from 4.73 to 15.46g/l for SCFP and from 3.35 to 5.40g/l for STPU. For fruit juices, the ethyl alcohol (EA) content ranged from 0 to 0.25% for SCFP and from 0 to 0.64% for STPU. Ginger-flavoured beverages ranged from 0 to 12.63% AE for SCFP and 0 to 6.42% AE for STPU. The results of microbiological analyses showed that BRt2 and BFt4 ginger-flavoured drinks contained levels of spoilage micro-organisms (144 and 86 CFU/ml) that did not comply with the normative limits required by the BBN and the Codex Alimentarius Commission. A study based on hygienic, nutritional and organoleptic quality should be carried out to complete this work by examining the quality of all drinks sold in Burundi.

Key words: Microbiological quality, physicochemical quality, ginger-flavoured drinks and fruit juices.

TABLE DES MATIERES

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY i
DEDICACES ii
REMERCIEMENTS iii
RESUME iii
ABSTRACT v
TABLE DES MATIERES vi
LISTE DES TABLEAUX ix
LISTE DES FIGURES x
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATION xi
AVANT-PROPOS xii
INTRODUCTION GENERALE 1
1. Contexte 1
2. Problématique 3
3. Hypothèses 5
4. Objectifs de l'étude 5
5. Limites de l'étude 5
CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTERATURE 6
I.1. GENERALITES SUR LE JUS DE FRUITS 6
I.1.1. Boissons 6
I.1.2. Jus de fruits 6
I.1.3. Classification des jus de fruits (CODEX STAN 247-2005) 7
I.1.4. Principaux constituants des jus à base de fruits 8
I.1.5. Consommation des jus de fruits 10
I.1.6. Généralités sur quelques produits étudiés 10
I.1.7. Généralités sur la technologie des boissons 17
I.1.8. Principes généraux d'hygiène des aliments (PGHA) 19
I.1.9. Facteurs d'altération des boissons 21
I.1.10. Influence des paramètres physicochimiques sur la qualité des boissons 22
I.1.11. Dangers susceptibles d'altérer la qualité hygiénique des boissons 22
I.2. GENERALITE SUR L'EMBALLAGE ALIMENTAIRE 25
I.2.1. Définition 25
I.2.2. Types d'emballage qu'il faut adopter 25

I.2.3. Classification des emballages 27
I.2.4. Fonctions d'emballage 27
I.2.5. Facteurs contrôlant la durée de conservation 28
I.2.6. Interactions entre l'emballage et le produit alimentaire 28
I.2.7. Etiquetage des aliments 29
I.3. NOTION DE TRAÇABILITE ET RAPPEL DES PRODUITS ALIMENTAIRES 30
I.3.1. Traçabilité 30
I.3.2. Rappel d'un produit alimentaire 31
CHAPITRE II. MATERIELS ET METHODES 32
II.1. Matériels de laboratoire 32
II.2. Laboratoire d'analyse 32
II.3. Zone d'étude et justification du choix du lieu de collecte des échantillons 33
II.4. Méthodologie d'échantillonnage 34
II.4.1. Echantillonnage 34
II.4.2. Critères d'inclusion et de non inclusion 36
II.5. Paramètres analysés 38
II.6. Analyse physicochimique 38
II.6.1. Détermination du degré brix (°B) : (Méthode réfractométrique) 38
II.6.2. Détermination du potentiel d'hydrogène (NF V 05-108 et Méthode du PH-métrique) 38
II.6.3. Détermination de l'acidité totale (EAS 104 : 2013) 39
II.6.4. Détermination de teneur en alcool éthylique (EAS 104 :2013) 40
II.7. Analyses microbiologique 40
II.7.1. Préparation des dilutions 41
II.7.2. Préparation des milieux de culture 41
II.7.3. Ensemencement 43
II.7.4. Incubation 43
II.7.5. Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (ISO 4833-1) 44
II.7.6. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale 45
II.7.7. Recherche des germes pathogènes : *Salmonella ssp* 46
II.7.8. Recherche des microorganismes d'altération 48
CHAPITRE III. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS 50
III.1. Présentation des résultats des boissons identifiées 50
III.2. Résultats de l'analyse physicochimique 50

III.3. Résultats de l'analyse microbiologique 57
III.4. Discussion des résultats de l'analyse physicochimique 58
III.4.1. Degré brix 58
III.4.2. Potentiel en hydrogène (pH) 60
III.4.3. Acidité totale (AT) 61
III.4.4. Teneur en alcool éthylique 63
III.5. Discussion des résultats de l'analyse microbiologique 65
IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 68
IV.1. CONCLUSION 68
IV.2. RECOMMANDATIONS 69
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 70
ANNEXES 76

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Rôle des divers composants nutritionnels se trouvant dans le jus de fruits 9
Tableau 2: Valeur nutritionnelle de référence d'une banane dessert 11
Tableau 3: Teneur en principales composantes d'ananas pour 100 g de matière comestible... 12
Tableau 4: Composition pour 100g de fruit de la passion..... 13
Tableau 5: Classification botanique du gingembre 15
Tableau 6: Valeurs nutritionnelles du gingembre par 100g 16
Tableau 7: Les facteurs d'altération intrinsèques et extrinsèques..... 22
Tableau 8: Exemples de dangers physiques susceptibles d'altérer les boissons..... 24
Tableau 9: Avantages et inconvénients des principaux matériaux d'emballage..... 26
Tableau 10: Codage des boissons analysées au laboratoire 33
Tableau 11: Lieux de collecte des échantillons..... 34
Tableau 12: Liste des différentes séries d'échantillonnage 35
Tableau 13: Liste détaillée des boissons échantillonnées 37
Tableau 14: Présentation des germes recherchés, les milieux de cultures utilisés, les conditions d'ensemencement et d'incubation..... 43
Tableau 15: Résultats des analyses microbiologiques de cinq types de boissons..... 57

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Morphologie de *Zingiber officinale* : Feuilles (a), tiges (b), fleurs (c), rhizomes (d) et racines (e) du gingembre 14
Figure 2: Diagramme d'Ishikawa 20
Figure 3: Les paramètres de qualité faisant l'objet d'analyse 38
Figure 4: Valeurs du degré brix des séries d'échantillonnage effectuées 51
Figure 5: Valeurs du pH des séries effectuées 52
Figure 6: Valeurs de l'acidité totale des séries d'échantillonnage effectuées 53
Figure 7: Valeurs de la teneur en alcool éthylique des séries d'échantillonnage effectuées 54
Figure 8: Valeurs moyennes du degré brix de boissons étudiées 55
Figure 9: Valeurs moyennes du pH de boissons étudiées 55
Figure 10: Valeurs moyennes de l'acidité totale de boissons étudiées 56
Figure 11: Valeurs moyennes de la teneur en alcool éthylique de boissons étudiées 56

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATION

AFNOR : Association Française de Normalisation

ANSES : Agence National de Sécurité Sanitaire alimentation, environnement, Travail

BBN : Bureau Burundais de Normalisation et Contrôle de la Qualité

BPF : Bonne Pratique de Fabrication

BPH : Bonne Pratique d'hygiène

CAC : Commission du Codex Alimentarius

CEE : Communauté Economique Européenne

CFU : Unité Formant Colonies

CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CNTA : Centre Nationale de Technologie Alimentaire

CNUCED : Conférence des Nations Unies Sur le Commerce et le Développement

DAG : Direction de l'Agriculture

E. coli : *Escherichia coli*.

EAC : East African Community

EANSI : East African Nutritional Sciences Institute

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

HACCP : Hazard Analysis Critical Control Points

ISABU : Institut des Sciences Agronomiques du Burundi

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

MKTTn : Bouillon Müller Kaufman au tétrathionate-novobiocine

NF : Norme Française

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PAI : People for food Additive and Ingredients

PCA : Plate Count Agar

PGHA : Principes généraux d'hygiène alimentaire

pH : Potentielle hydrogène

RDC : République Démocratique du Congo

RVS : Rappaport-Vassiliadis au sauja

UNIJUS : Union Nationale Interprofessionnelle des producteurs de jus de fruits

VRBL : Violet Red Bile Lactose

XLD : Lysine Xylose Désoxycholate

AVANT-PROPOS

La réalisation de ce travail s'inscrit dans le cadre de l'obtention du diplôme de Master en Sciences des Aliments et Nutrition, spécialité : Technologie et Qualité des Aliment. Ce travail a pour objet : « Contribution à l'évaluation de la qualité de quelques boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre vendues en province Cibitoke (BURUNDI) ».

Au cours de ce travail, nous nous sommes concentrés sur l'évaluation de certains paramètres de qualité de quelques boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre vendues en province Cibitoke. Une approche approfondie pour évaluer la qualité physicochimique et microbiologique des boissons a été menée en proposant à la fois des solutions préventives.

Les résultats trouvés ont été comparés aux normes existantes et ont permis d'avoir un aperçu général sur la situation actuelle de la qualité des boissons produites, vendues et consommées au Burundi. Cette étude a montré que les industriels devraient promouvoir la transformation des produits sains et sûrs en faisant recours à l'approche préventive HACCP. Ainsi, la consommation et la commercialisation des boissons prohibées et sans étiquettes sont à éviter dans le but de préserver la santé des consommateurs.

INTRODUCTION GENERALE

1. Contexte

Les jus à base de fruits comptent parmi les aliments les plus importants pour l'être humain. Leur consommation maintient une bonne santé et remplace les pertes en nutriments lors des processus physiologiques dans l'organisme (Grigoras, 2012). Ainsi, le jus de fruit est nutritif et joue un rôle crucial dans une alimentation saine car il offre une variété en micronutriments tels que les composés phénoliques (reconnus notamment pour leur fort pouvoir antioxydant), les minéraux et les vitamines dont l'homme a besoin (Grigoras, 2012; Nimpagaritse, 2019; Tiencheu et al., 2021). En plus, leur consommation en quantité et en qualité suffisantes permet d'éviter des risques d'obésité, de diabète, de maladies cardio-vasculaires, des cancers, les infections des voies urinaires ainsi que d'autres maladies chroniques (Akkouche & Chikhaoui, 2018; Combris et al., 2007; Mahanandia et al., 2022). Ces boissons, ont la fonction principale d'apaiser la soif, avec un goût à la fois acidulé et sucré, agréable et très apprécié. Ils peuvent être un moyen attractif pour contribuer à remplir les objectifs de santé nutritionnel en termes de consommation de fruits (Kirati, 2019).

Les fruits frais sont consommés pendant une courte période de disponibilité saisonnière après leur cueillette. Mais, après leur murissement, ils deviennent facilement périssables (Bernard De Raymond et al., 2013). De plus, de nombreux fruits sont consommés crus, ils peuvent entraîner un risque d'intoxication alimentaire lié à une contamination par des agents pathogènes et des risques de sécurité sanitaire dus à une contamination chimique (Cutberto, 2001; FAO, 2021). La nécessité d'une transformation adéquate s'impose d'abord pour rendre le produit plus sain et pour prolonger la durée de la conservation en augmentant la valeur ajoutée de jus qui en sont extraits sans nuire, ni à la qualité des produits issus de la transformation, ni à la sécurité du consommateur (Metlef et al., 2022).

Le gingembre, le citron et le miel sont utilisés comme arômes naturels, agents conservateurs et stabilisants lors de plusieurs formulations alimentaires en raison de leur arôme, sucre ou acidité. La combinaison de ces ingrédients donne une boisson hautement nutritive avec un jus de saveur recherchée (Tiencheu et al., 2021). Cependant, les jus multifruits (mélange de jus de fruits) peuvent être formulés comme par exemple : le citron, l'orange, le maracuja, la mangue, la banane et l'ananas, entre autres, afin de diversifier les nutriments et éviter leurs carences ou leur absence totale (FAO, 2005). Cela donne un jus de meilleure qualité en ce qui concerne les

propriétés nutritionnelles. De plus, cela pourrait conduire au développement d'une nouvelle boisson naturelle présentant de nombreux bienfaits pour la santé (Tiencheu et al., 2021).

Cependant, selon la norme générale pour les jus et nectars de fruits du codex alimentarius, l'addition des vitamines (pour améliorer la couleur des jus de fruits) et des minéraux peut être autorisé durant le processus de fabrication des jus à base de fruits (FAO & OMS, 2022a). Avec des normes et spécifications bien précises, l'ajout du dioxyde de carbone et du sucre comme ingrédient est autorisé. L'ajout du sucre a pour but de corriger le goût acide et d'augmenter le degré brix (°B) du jus fabriqué (Benterki & Balah, 2020). A cause de ses propriétés antioxydantes, l'acide ascorbique est un additif très utilisé dans beaucoup de jus à base de fruits et de boissons aromatisées au gingembre (Benterki & Balah, 2020)**.**

Dans le monde agroalimentaire, les industriels cherchent toujours à apporter des nouveautés, en proposant aux consommateurs la diversité et en répondant à leurs besoins quotidiens. Ils servent aussi à inventer des nouvelles technologies et changer le design de leurs emballages pour inciter les clients à acheter leurs produits (Boukhalfa, 2020).

Il est à souligner que les besoins de consommer un quelconque type de boisson, dépendent de l'individu, de son environnement (température), de l'effort qu'il fournit, des habitudes alimentaires et culturelles, le niveau de développement économique, les tendances du marché et les préoccupations de santé. Les habitudes sociologiques et le comportement individuel de chaque individu peuvent notamment conduire à une nécessité de boire plus surtout lorsqu'il s'agit des catégories de boissons alcoolisées (Borgès, 2019).

En ce qui concerne les boissons, l'eau saine reste la meilleure des boissons pour notre organisme. Elle est un élément indispensable à la vie des cellules et à l'élimination des déchets et ne présente aucun risque notable pour la santé d'une personne qui la consommerait sur toute la durée de sa vie **(**OMS, 2017). Cependant, les jus de fruits permettent de varier les goûts et peuvent remplacer un fruit lors d'une collation ou d'un repas. Très digestes, ils sont appréciés et recommandés pour les personnes de tout âge (Kirati, 2019).

Au Burundi, la fabrication, la commercialisation et la consommation d'une diversité de boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre se fait remarquer presque dans toutes les provinces du pays. Néanmoins, des fabricants ne seraient pas suffisamment formés et expérimentés en matière de bonne pratique de fabrication et d'hygiène. De même, le manque d'équipements de transformation appropriés reste un autre défi majeur. Selon une étude réalisée par Nimpagaritse (2019), l'estimation de 2005 en terme de production des fruits frais était de

85.000 tonnes/an sans que la banane dessert (fruit) soit incluse. Ceci montre la nécessité des technologies adéquates de transformation de ces fruits en diverses catégories de boissons.

Il existe des initiatives nationales visant la promotion des micros entreprises, petites et moyennes entreprises agroalimentaires par le transfert, la diffusion et la vulgarisation des technologies et des normes de qualité. La création et l'opérationnalisation du Centre National de Technologie Alimentaire (CNTA) et du Bureau Burundais de Normalisation et de contrôle de qualité (BBN) s'inscrivent dans cette logique (Nkurunziza, 2022).

Ce travail est centré sur le contrôle de la qualité et la sécurité sanitaire des produits alimentaires. Un aperçu général sur la situation actuelle en ce qui est de la qualité hygiénique et sanitaire des boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre et qui sont commercialisés dans la province Cibitoke a été donné.

2. Problématique

Le Burundi a des préoccupations de promouvoir le domaine industriel en matière de transformation agroalimentaire afin d'être compétitif sur le plan régional et international. Cela est remarquable à travers son plan national de développement du Burundi 2018-2027 (Hashazinka et al., 2018). Le domaine de la transformation agroalimentaire reste dominé par les personnes non suffisamment expérimentées en matière de transformation agroalimentaire. Or, c'est un domaine qui demande du personnel suffisamment expérimenté et qualifié en matière de transformation agroalimentaire dans le but de fabriquer un produit sain consommable tout en préservant la santé du consommateur. En effet, il a été récemment rapporté que dans le monde entier**,** les maladies infectieuses d'origine alimentaire causées par l'ingestion d'aliments ou boissons contaminées par des agents infectieux ou leurs toxines, demeurent un problème de santé publique (Benterki & Balah, 2020). Les maladies d'origine alimentaire sont généralement peu mortelles mais peuvent avoir un impact économique important (Benterki & Balah, 2020). Ceci, est d'une part causé par le coût lié aux soins et, d'autre part, par les répercussions au niveau de la filière concernée (faillite de l'usine due au chute de vente, la perte de confiance par les clients, la fermeture d'usine etc.) (Benterki & Balah, 2020).

Ainsi, le respect des normes et des règlements est une priorité sur le plan national, régional et international afin d'éviter les problèmes d'intoxications alimentaires et pour assurer une bonne commercialisation du produit fini.

Il faut souligner qu'au Burundi, en date du 29/10/2022, on a procédé à une suspension temporaire de la production des boissons aromatisées au gingembre (Tangawizi) suite, notamment, au manque des équipements adéquats, au non-respect de bonnes pratiques de fabrication et d'hygiène.

Dans la province Cibitoke, comme dans d'autres provinces du pays, on assiste à une diversification des jus de fruits et des boissons aromatisées au gingembre. Cependant, certaines de ces boissons peuvent échapper au contrôle de leur qualité, vue que leur commercialisation se fait parfois dans des lieux non suffisamment contrôlés par le service d'inspection et le service d'analyse du Bureau Burundais de Normalisation et Contrôle de la Qualité (BBN). En plus, beaucoup d'unités de transformation agroalimentaire du Burundi ne disposent pas des laboratoires d'analyse microbiologique et physicochimique pour contrôler régulièrement leurs produits le long du processus de production et de distribution (Nkurunziza, 2022).

Au point de vus de l'hygiène et de la qualité des aliments, la consommation de ces boissons nécessite un contrôle de qualité et des études basées sur des données fiables et centrées sur les recherches scientifiques permettant de prendre des mesures de préservation de la santé des consommateurs.

Des études de faisabilité et de réussite de la fabrication de ces boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre restent encore déficitaires. Ceci fait donc appel à plus d'implication de la recherche dans le domaine, comme c'est le cas de la présente étude.

Notre travail a permis de mettre en valeur l'importance des analyses microbiologiques et physicochimiques des boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre. Les résultats obtenus ont permis d'examiner les risques qui résulteraient de la consommation de ces boissons non régulièrement contrôlées par les inspecteurs de la qualité.

3. Hypothèses

Il existe une diversité de boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre vendues sur le marché local de la province Cibitoke ;

Des boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre disponibles dans la province Cibitoke ne répondent pas aux normes de qualité des aliments.

4. Objectifs de l'étude

1. Objectif général

Le présent travail a pour objectif global de contribuer à la connaissance de la qualité des boissons vendues au Burundi par l'évaluation des paramètres de qualité de quelques boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre vendues dans la province Cibitoke.

2. Objectifs spécifiques

Dans le cadre de cette recherche, deux objectifs spécifiques ont été fixes :

a. Identifier les boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre vendues dans la province Cibitoke ;

b. Déterminer la valeur de quelques paramètres physicochimiques et microbiologiques des boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre et comparer les résultats trouvés lors de l'analyse avec les normes existantes.

5. Limites de l'étude

Parvenir à analyser tous les paramètres de qualité connus des boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre est une procédure complexe et coûteuse en terme du temps et des moyens nécessaires. Ainsi, la présente étude s'est limitée sur la détermination du pH, du degré brix, de l'acidité titrable et la teneur en alcool éthylique. Sur le plan microbiologique, elle s'est limitée sur l'analyse qualitative et quantitative de la Flore Aérobie Mésophile Total (FAMT), *Escherichia coli (E. Coli), Salmonella,* Coliformes totaux, Levures et Moisissures. De plus, quatorze catégories de boissons ont été choisies aléatoirement pour faire l'objet d'analyse.

CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTERATURE

I.1. GENERALITES SUR LE JUS DE FRUITS

I.1.1. Boissons

Le terme « boisson » englobe tout liquide qui se boit pour apaiser la soif, et qui sert à la réhydratation du corps, ce liquide est destiné à la consommation ou à être ingéré par l'homme dans le but de procurer un plaisir, pour se désaltérer ou pour se rafraîchir. Elles peuvent être catégorisées en boisson échauffante, boisson lactée, boisson tiède ou froide (Boukhalfa, 2020).

Selon la norme ISO 67-160, les boissons sont réparties en deux grands groupes :

A. Boissons non-alcoolisées (y compris boissons gazeuses, limonades, sodas, jus de fruits, nectars, eaux minérales, thé, café, etc…)

B. Boissons alcoolisées (sont des boissons qui contiennent une quantité plus ou moins importante d'alcool éthylique (CH_3CH_2OH).

I.1.2. Jus de fruits

Tout comme la norme générale du Codex (codex STAN 247-2005), la norme française, la FAO & OMS; (2022a) et; UNIJUS (2009); définissent le jus comme :

« Un liquide non fermenté, mais fermentescible, tiré de la partie comestible de fruits sains, parvenus au degré de maturation approprié et frais ou de fruits conservés dans de saines conditions par des moyens adaptés et/ou par des traitements de surface post-récolte ».

Ainsi, les jus de fruits se définissent également comme des boissons non-alcoolisées, avec un goût à la fois acidulé et sucré, agréable et très apprécié par les consommateurs qui, en plus d'en tirer les éléments nutritifs essentiels s'en servent pour apaiser la soif (Kirati, 2019). Les fruits destinés à la fabrication des jus doivent êtres frais, sains, bien lavés, parvenus au degré de maturité appropriée tandis que les jus qui en sont extraits doivent être dépourvus des fragments d'écorce, de débris, de pépins et de particules noirs (Belabdi, 2018). Ainsi, ils sont obtenus par des procédés adaptés qui conservent les caractéristiques physiques, chimiques, organoleptiques et nutritionnelles essentielles du fruit dont il provient (Cendres, 2010).

Néanmoins, les jus de fruits frais ne doivent pas contenir des conservateurs et des sucres ajoutés et leur durée de vie limite doit être indiquée sur l'étiquette (Ali, 2008; Gboho, 2013**).** Un jus

simple est obtenu à partir d'un seul type de fruits. Un jus mélangé est obtenu en mélangeant deux ou plusieurs jus ou jus et purées obtenus à partir de différents types de fruits (Cendres, 2010).

I.1.3. Classification des jus de fruits (CODEX STAN 247-2005)

1. Jus de fruits obtenus à partir d'un concentré

La norme générale codex (CODEX STAN 247-2005) définit le jus de fruits obtenu à partir d'un concentré comme le produit obtenu en rajoutant dans le jus de fruits obtenu après le processus de concentration. Toute en sachant que l'eau est extraite après la concentration. Ainsi, on va restituer les arômes et, le cas échéant, les pulpes et les cellules que le jus a perdues mais qui ont été récupérées lors du processus de production du jus de fruits. L'eau ajoutée doit présenter des caractéristiques appropriées de façon à garantir les qualités essentielles du jus (Berlinet, 2008).

2. Purée de fruits destinée à la production de jus et de nectars de fruits

La purée de fruits destinée à la production de jus et de nectars de fruits est le produit non fermenté, mais fermentescible, obtenu par des procédés appropriés, par exemple en passant au tamis ou en broyant la partie comestible du fruit entier ou pelé sans en prélever le jus. Le fruit doit être sain, parvenu à un degré de maturation approprié et frais ou bien conservé par des moyens physiques ou par un ou plusieurs des traitements appliqués conformément aux dispositions pertinentes de la Commission du Codex Alimentarius. La purée de fruits peut contenir des substances aromatiques et des composés aromatisants volatils restitués, à condition qu'ils aient été obtenus par des moyens physiques adaptés et à partir du même type de fruit (CODEX STAN 247-2005).

Dans le cas de nectars de fruits, l'addition de sucres et/ou de miel est autorisée dans une quantité non supérieure à 20% en poids par rapport au poids total du produit fini. Néanmoins, par dérogation, les fruits comme la banane, papaye, goyave, ainsi que l'abricot peuvent servir, individuellement ou en mélange, à la fabrication de nectars sans addition de sucres et de miel (Akkouche & Chikhaoui, 2018; Cendres, 2010). Le mélange de nectars de fruits est le même produit, obtenu à partir de plusieurs types de fruits différents (CODEX STAN 247-2005).

3. Jus de fruits concentrés et déshydratés

La norme générale codex (CODEX STAN 247-2005) définit le jus de fruits concentré comme le produit obtenu à partir de jus de fruits d'une ou plusieurs espèces par l'élimination physique de l'eau en quantité suffisante pour porter la valeur brix à un niveau supérieur de 50% au moins à la valeur brix établie pour le jus reconstitué du même fruit.

La norme générale codex (CODEX STAN 247-2005) définit le jus de fruits déshydraté comme le produit obtenu à partir de jus de fruits d'une ou plusieurs espèces par l'élimination physique de la quasi-totalité de l'eau de constitution.

4. Jus de fruits obtenu par extraction hydrique

Le jus de fruits obtenu par extraction hydrique est le produit obtenu par diffusion dans l'eau du fruit à pulpe entier dont le jus ne peut être extrait par aucun procédé physique et du fruit entier déshydraté (CODEX STAN 247-2005). Ces produits peuvent être concentrés et reconstitués. La teneur en matière sèche du produit fini doit être conforme à la valeur Brix minimale selon le codex alimentarius.

5. Concentré de purée de fruits destiné à la production de jus et de nectars de fruits

La purée de fruits destiné à la production de jus et de nectars de fruit est un produit non fermenté mais fermentescible obtenu par des procédés appropriés. La partie comestible du fruit entier peut être broyé sans le prélèvement du jus. Cependant, le concentré de purée de fruits destiné à la production de jus et de nectars de fruits est obtenu par élimination physique de l'eau de la purée de fruits en quantité suffisante pour augmenter la valeur Brix d'au moins 50% par rapport à la valeur Brix établie pour le jus reconstitué du même fruit (CODEX STAN 247-2005).

I.1.4. Principaux constituants des jus à base de fruits

Les composants nutritionnels ainsi que leurs rôles se trouvent dans le tableau 1. Les principaux constituants des jus de fruits sont : l'eau, les glucides, les protéines, les lipides, les caroténoïdes, les acides organiques (acides ascorbique, acide malique, acide citrique), les vitamines (vitamines C et vitamines B9), les antioxydants (polyphénols), les éléments minéraux (potassium, magnésium,) (Akkouche & Chikhaoui, 2018; Benterki & Balah, 2020; Cendres, 2010)**.**

Tableau 1: Rôle des divers composants nutritionnels se trouvant dans le jus de fruits

Composants	**Propriété**
Glucides	Carburant privilégie du cerveau et substrat pour l'activité musculaire
	Interviennent dans le stockage sous forme de glycogène
Eau	Hydratation et représente environ 90% de la composition du produit
Vitamine C	Antioxydant (phase aqueuse)
	Accroit l'absorption de fer
	Stimule la glande surrénale (antifatigue)
	Régénère la vitamine E
Beta carotène	Piège les radicaux libres
	Protège les épithéliums
	Provitamine A, améliore la vision
Vitamine B9	Anti-animique
	Impliquée dans le renouvellement tissulaire
	Augmente la phagocytose et les défenses immunitaires
	Participe au bon fonctionnement du système nerveux
Vitamine E	Antioxydant (phase lipidique)
	Joue un rôle dans l'immunité, le système nerveux, la fertilité
Caroténoïdes	Assurent une protection tissulaire et cellulaire
Magnésium	Favorise un bon fonctionnement neuromusculaire
Fer	Anti-animique
	Tient un rôle dans la défense contre l'infection
Potassium	Maintint l'équilibre acido-basique et hydro électrolytique du milieu intérieur
Vitamine B6	Métabolisme des acides aminés
Zinc	Antioxydant
	Intervient dans la faculté gustative
Fibre	Favorisent le fonctionnement intestinal par prolifération symbiotique de la flore colique

Source : (Akkouche & Chikhaoui, 2018; Belabdi, 2018; Kirati, 2019; Nadhoimati, 2009)

I.1.5. Consommation des jus de fruits

Dans nos jours, la consommation des jus de fruits est devenue un phénomène relativement courant. La soif et le climat chaud font que la consommation de liquides soit élevée pour compenser l'inévitable perte de transpiration et de respiration (Benaouadj & Meriem, 2012). Dans le monde entier, des problèmes de santé ont conduit à la vulgarisation des jus de fruits naturels comme alternative saine aux autres boissons. De plus, la qualité d'un jus est directement liée à celle de la matière première, aux bonnes pratiques de fabrication et aux traitements thermiques appliqués et surtout par l'application d'hygiène (Benaouadj & Meriem, 2012). L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommande de consommer 400g de fruits soit cinq type de fruits par jour (Grigoras, 2012; Nimpagaritse, 2019). Or, le rapport d'enquête sur la démographie et santé au Burundi en 2010 indique que les Burundais ne consomment en moyenne que 210g par jour. Ainsi, un litre de jus ou nectars de fruits peut remplacer la consommation de l'une des cinq portions de fruits recommandée (UNIJUS, 2009).

I.1.6. Généralités sur quelques produits étudiés

1. Banane

La banane est considérée comme le pilier de l'économie rurale des ménages burundais (Lebailly et al., 2019). Il existe deux catégories dont les bananes desserts et les bananes plantains (Scherschel, 2022).

La banane est la première production fruitière mondiale et plus de 1200 variétés existent (Bonnet-Bruno, 2012; Haendrler, 1966). Le marché des produits transformés à base de banane est par contre minime. Elle est originaire du Sud Est de l'Asie (Bonnet-Bruno, 2012; 1970; Kwa & Temple, 2019).

a) Jus de banane

La transformation de la banane porte en grande majorité sur la fabrication du vin ou jus au départ de variétés adaptées à cette fin. Cependant, un potentiel de diversification existe pour la transformation et diffusion de nouveaux produits issus de la banane à vin mais aussi à cuire. La fabrication artisanale des produits issus de la banane reste aujourd'hui largement dominante par rapport à une fabrication semi-industrielle (Lebailly et al., 2019).

Au Burundi, particulièrement en province Cibitoke, les variétés de banane cultivées pour la production du vin de banane (urwarwa) sont « Igisubi », « Mugomozi », « Metero 5 » et « Igikashi (igihanda) » entre autres (Sengabo et al., 2020). Les deux dernières variétés sont beaucoup utilisées pour la production du jus de banane en province Cibitoke (Sengabo et al., 2020).

b) Valeur nutritionnelle de banane

Selon le Centre de coopération Internationale de Recherche Agronomique pour le Développement (2014), la banane est un aliment de grande qualité nutritionnelle (tableau 2). Elle a une faible densité énergétique (93,6 kcal/100g de pulpe) car elle contient une grande quantité d'eau (3/4) et de fibres. Néanmoins, elle est pauvre en graisse (CIRAD, 2014).

Tableau 2: Valeur nutritionnelle de référence d'une banane dessert

(Repère nutritionnel pour 100g de pulpe)

Principaux composants (en gramme)		**Minéraux (en milligramme)**	
Glucides	20,5g	Potassium	411mg
Protides	1,2g	Magnésium	32,8mg
Lipides	0,23g	Phosphore	17,5mg
Eau	74,7g	Calcium	4,47mg
Fibres alimentaires	< 3,1g	Sodium	1mg
		Fer	0,281mg
		Cuivre	0,102mg
		Zinc	0,178mg
		Manganèse	0,629mg

Source : (CIRAD, 2014)

2. Fruit d'ananas

Plusieurs variétés d'ananas existent, cependant seulement quatre variétés sont commercialisées au niveau mondial. On distingue : la variété « MD-2 »; le « Cayenne lisse »; le « Queen », et l'ananas « Bouteille » (Barral, 2022). Au Burundi, deux variétés d'ananas existent : Queen et Cayenne Lisse (Nimpagaritse, 2019). Le tableau 3 indique la composition d'ananas pour 100g de produit.

Tableau 3: Teneur en principales composantes d'ananas pour 100 g de matière comestible

Constituants principaux	Teneur moyenne			Eléments minéraux	Teneur moyenne			Vitamines	Teneur moyenne		
	Ananas frais	Jus d'ananas	Ananas au sirop		Ananas frais	Jus d'ananas	Ananas au sirop		Ananas frais	Jus d'ananas	Ananas au sirop
Energie (kj/100g)	223	206	348	Sodium (mg/100 g)	< 5,67	1,1	< 2	E (µg/100 g)	0,1	0,02	0,08
Energie (kcal/100g)	52,6	48	81,9	Magnésium (mg/100 g)	19,8	13,8	11,3	C (mg/100 g)	12	9,5	10,4
Eau (g/100g)	85,8	86,3	78,6	Phosphore (mg/100 g)	11	7,8	5	B1 (mg/100 g)	0,08	0,055	0,07
Protéines (g/100g)	0,4	0,3	0,4	Potassium (mg/100 g)	170	133	105	B2 (mg/100 g)	0,03	0,02	0,1
Glucides (g/100g)	11	11,6	19,1	Calcium (mg/100 g)	20,3	12,4	< 23,5	B3 (mg/100 g)	0,3	0,3	0,2
Lipides (g/100g)	0,2		< 0.1	Manganèse (mg/100 g)	2,02	1,2	0,92	B5 (mg/100 g)	0,16	0,15	0,07
Sucres (g/100g)	9,24	11,6	17,6	Fer (mg/100 g)	0,225	0,225	0,22	B6 (mg/100 g)	0,101	0,1	0,07
Fibres (g/100g)	1,52	0,2	0,85	Cuivre (mg/100 g)	0,078	0,04	0,0332	B95 (µg/100 g)	13,5	23	5,5
				Zinc (mg/100 g)	0,667	0,08	0,646				
				Sélénium (µg/100g)	0,28	1,1	< 0,005				
				Iode (µg/100g)	1,22	1					
				Bêtacarotène (µg/100g)	38,5		40				

Source: (Cnuced,2016**)**

3. Fruit de la passion

Le fruit de la passion est originaire du Brésil avec le nom botanique le *Passiflora edulis* (Bashangwa-Mpozi, 2019). Au Burundi, on l'appelle « Amabungo » et appartient à la famille des Passifloracées (Bashangwa-Mpozi, 2019). Il existe plusieurs variétés du fruit de la passion présentant des couleurs différentes à maturité et diffèrent également en taille et forme (Gaillard, 2013). Au Burundi, l'analyse historique du flux des exportations de fruits montre que le fruit de la passaion (Amabungo) était la principale culture fruitière d'exportation en terme de volume (soit 83,1%) des exportations du secteur fruitier entre les années 1987 et 2002 (Bashangwa-Mpozi, 2019). C'est cette commercialisation qui est à l'origine des différentes unités de transformation œuvrant dans le domaine agroindustriel dont le leader sur les marchés des jus de fruits et du nectar au Burundi est « Fruito » (Bashangwa-Mpozi, 2019). Ainsi, le tableau 4 illustre la composition du fruit de la passion pour 100g de produit.

Tableau 4: Composition pour 100g de fruit de la passion

Composition	**Quantité pour 100g**
Energie	97 Kcal
Eau	72,930g
Protéine	2,200g
Lipides	0,700g
Glucide	23,380g
Calcium	12.10^{-3}g
Phosphore	68.10^{-3}g
Fer	$1,6.10^{-3}$g
Acide ascorbique	30.10^{-3}g

Source : (Gboho, 2013)

4. Gingembre

Le gingembre, *Zingiber officinale*, est une espèce de plantes originaire d'Asie, du genre des Zingiber et de la famille des Zingiberaceae dont on utilise le rhizome en cuisine et en médecine traditionnelle (Bourrai & Azzouk, 2018). Le gingembre est une des plus anciennes plantes connues par le peuple, et il est aussi l'une des premières épices orientales. Plusieurs revues ont été publiées dans la littérature à propos de cette plante, ce qui peut refléter la popularité de son utilisation comme une épice et une plante médicinale (Bourrai & Azzouk, 2018; Hammoudi & Fekiri, 2021; Makino, 1807; Mameri & Sadaoui, 2019; Sharaf & Ayad, 2019).

Son épais rhizome, partie utilisée en thérapeutique, est horizontal. Il mesure en moyenne 10 cm de longueur, mesure jusque 2 cm de largeur et 1,5 cm d'épaisseur, il est constitué de tubercules globuleux ramifiés, qui ressemblent aux doigts de la main, à la chair jaune pâle juteuse, d'odeur aromatique avec une saveur chaude et piquante (Bourrai & Azzouk, 2018). Le tableau 5 donne la classification botanique du gingembre alors que le tableau 6 indique la composition nutritionnelle pour 100g de gingembre. Ainsi, la figure 1 indique les feuilles, la tige, les fleurs et les rhizomes du gingembre.

a) Présentation de la plante du gingembre

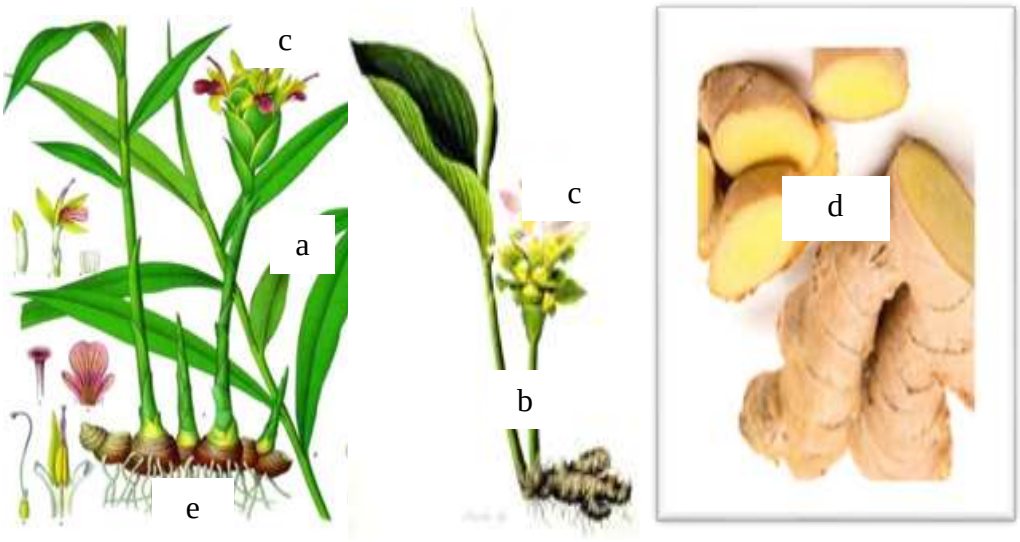


Figure 1: Morphologie de *Zingiber officinale* : Feuilles (a), tiges (b), fleurs (c), rhizomes (d) et racines (e) du gingembre

b) Classification Botanique du gingembre

Selon Asma & Roumaissa (2019), la classification botanique du gingembre est la suivante.

Tableau 5: Classification botanique du gingembre

Nom français	Gingembre commun
Autres noms utilisé	Epice blanche, ginger, genjanb
Nom latin	Zingiber officinale (Roscoe)
Règne	Plantae
Sous-règne	Trachéobionta
Super division	Spermatophytes
Division	Magnoliophyta (Angiospermes)
Classe	Liliopsida (ou Monocotylédones)
Sous-classe	Zingibéridae
Ordre	Zingibérales
Famille	Zingibéracées
Sous-Famille	Zingibéroidées
Genre	Zingiber
Espèce	Zingiber officinale Roscoe

c) Valeurs nutritionnelles du gingembre

Tableau 6: Valeurs nutritionnelles du gingembre par 100g

Nutriment	**Quantité**
Hydrate de carbone	1.77 g
Énergie	20 Kcal
Eau	9.94 g
Sucre	1.7 g
Fibres alimentaires Graisses	2 g
Graisses	0.75 g
Protéines	1.82 g
Vitamines	
Vitamine acide ascorbique (vit C)	5 mg
Acide folique (vit B9)	11µg
Pyridoxine (Vit B6)	0.16 mg
Pyridoxine (Vit B6)	0.16 mg
Niacine (Vit B3)	0.075 mg
Acide pantothénique (Vit B5)	0.203 mg
Thiamine (Vit B1)	0.025 mg
Riboflavine (Vit B2)	0.034 mg
Minéraux	
Calcium	16 mg
Magnésium	43 mg
Potassium	415 mg
Zinc	0.34 mg
Phosphore	34 mg
Fer	0.6 mg

Source : (Bourrai & Azzouk, 2018)

d) Propriétés du gingembre

Selon Amel & Amal (2018) et Adou et *al*., (2018); le gingembre a des propriétés thérapeutiques différentes y compris celles antimicrobiennes, antiparasitaires, antivirales, anticancéreuses, anti-inflammatoires, antiémétiques, antidiabétiques et antioxydantes. Ainsi, le gingembre peut contribuer à la régulation de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque.

e). Boissons aromatisées au gingembre

Selon le BBN (2022), dans son travail intitulé « projet de norme burundaise I^{ère} édition » la boisson aromatisée au gingembre est une boisson fermentée au gingembre auquel peuvent s'ajouter l'extrait liquide de gingembre, sucre, levure œnologique et culture bactérienne, eau potable conformément à la norme NB EAS 12, ananas, banane, citron, thé.

La fermentation alcoolique est réalisée grâce à une culture de levures œnologiques pour fermenter l'extrait liquide de gingembre. Les matières premières utilisées dans la production de la boisson aromatisée au gingembre doivent être propres, saines et conformes aux normes en vigueur. Cependant, les autres ingrédients qui peuvent être utilisés dans la production de boissons aromatisées au gingembre doivent être sains et conformes aux normes en vigueur (BBN, 2022).

I.1.7. Généralités sur la technologie des boissons

La fabrication de jus de fruits telle qu'elle est pratiquée au niveau industriel est composée par une succession des opérations de production qui doivent être optimisées. Ces opérations varient en fonction du type de la matière première à transformer (Mugisha, 2022). En plus des opérations préliminaires qui doivent être effectuées avant la transformation proprement dite, la majorité des étapes de transformation est automatisée. Le jus extrait est alors traité avant ou après conditionnement, de façon à en assurer la stabilité microbiologique et colloïdale (Belabdi, 2018). Lors de la transformation des boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre, trois principales étapes en générale sont nécessaires pour avoir le produit fini de bonne qualité :

La première étape concerne la préparation des fruits et des ingrédients qui seront utilisés. Les fruits utilisés doivent être propres et exempts de pourriture. Les salissures doivent être lavées avant le broyage, pour éviter la contamination du produit fini tout au long de la chaine de

production. Les fruits déclassés ou abîmés convenant encore au pressurage seront brièvement stockés dans des emballages rigides et dans un endroit le plus frais possible (Kirati, 2019) ;

Deuxième étape, le fruit doit subir un broyage. Différents types broyeurs sont disponibles sur le marché. Ils entraînent des résultats variables au niveau du rendement en jus et de la rapidité de broyage. Chaque installation nécessite, pour un bon fonctionnement, une quantité minimale de fruits. Dans tous les cas, les fruits sont broyés et la pulpe est pressée afin d'en extraire le jus (Cendres, 2010) ;

Finalement, vient l'étape importante de la conservation des jus, pour laquelle, la plupart des jus sont :

a) Soit pasteurisés pour détruire les formes végétatives susceptibles de dégrader la qualité du jus ou soumis à un traitement qui produit une élévation de la température préjudiciable aux éléments fragiles ;

b) Soit simplement mis dans le réfrigérateur avec une date limite de vente plus courte tout en évitant des fermentations néfastes au goût et à la santé (Cendres, 2010).

1. Quelques substances autorisées dans la fabrication des boissons

Dans le domaine agro-alimentaire, la règlementation précise que le fruit ne conservera pas plus d'eau provenant des opérations de lavage, d'étuvage ou d'autres préparatifs (Codex, 2005). Ainsi, les jus de fruits et les nectars de fruits doivent avoir la couleur, l'arôme et la saveur caractéristiques du jus de la variété de fruits à partir de laquelle ils sont obtenus et l'ajout du sucre jusqu'à un seuil acceptable est toléré selon les normes du codex alimentarius (Cendres, 2010) ;

Le produit final doit être sain et propre à la consommation humaine, donc différents points de contrôle doivent avoir lieu avec des normes très encadrées au niveau des limites maximales fixées par la Commission du Codex Alimentarius tels que : les contaminants de métaux lourds et autres types de contaminants susceptibles de dégrader la qualité du produit (Codex stan 247-2005).

2. Epices à effet santé

Selon Adam et ses collaborateurs (2003), les épices se définissent comme des: « substances d'origine végétale, aromatiques ou piquantes servant à assaisonner des mets » tandis que l'aromate est une « substance végétale odoriférante ».

D'autres chercheurs définissent le mot « épices » comme parties séchées ou non des plantes aromatiques. Elles peuvent être issues d'écorces, de fleurs (clou de girofle), de feuilles, de fruits, de bulbes ou de graines (coriandre). Elles contiennent des substances organiques volatiles, souvent appelées arômes qui stimulent les perceptions olfactives et gustatives (Tapsell et al., 2006; Zouaimia et al., 2022). Ces épices sont utilisées comme ingrédients alimentaires possédant des propriétés aromatiques et médicinales. Elles sont ajoutées aux produits dans un but de leur conférer une saveur particulière (Nijimbere, 2024).

I.1.8. Principes généraux d'hygiène des aliments (PGHA)

Les principes généraux d'hygiène alimentaire (PGHA) du codex alimentarius définissent les principes essentiels applicables d'un bout à l'autre de la chaine alimentaire (depuis la production primaire jusqu'au consommateur final) pour assurer que les aliments soient sûrs et propres à la consommation humaine (FAO & OMS, 2018a; OMS & FAO, 2022).

Pour répondre aux critères hygiéniques dans les industries agroalimentaires, le Codex alimentarius recommande de recourir à la méthode HACCP (Système qui définit, évalue et maîtrise les dangers qui menacent la salubrité des aliments) en tant que moyen d'améliorer la salubrité des aliments, PGHA indiquent comment mettre ces principes en application; et fournissent des directives pour l'élaboration de codes spécifiques éventuellement nécessaires pour certains secteurs de la chaîne alimentaire, certains processus, ou certains produits, afin de développer les critères d'hygiène spécifiques visant à appliquer le plan HACCP (FAO & OMS, 2009).

En industrie agro-alimentaire, la maîtrise d'hygiène s'avère nécessaire d'abord pour :

Des raisons de santé (moins d'hygiène implique plus de malades. De plus, une erreur d'hygiène dans une unité de production ne peut entrainer la faillite de cette unité et le personnel peut se retrouver dans une situation de chômage). Ensuite, pour des raisons économiques (augmentation de la durée de conservation du produit) et enfin, pour des raisons légales (le respect des normes nationales et internationales).

Cependant, les éléments constitutifs de l'outil qualité appelé encore « les 5M » reposent sur la maîtrise de la contamination du produit à toutes les étapes de la chaîne alimentaire. Il s'agit de la mains d'œuvre (le personnel), le milieu (l'air), le matériel (les surfaces), la matière première (les produits) et la méthode d'organisation, de fabrication et de mise en œuvre (Mugisha, 2022). La figure 2 illustre les éléments à prendre en compte lors de la mise en place de la méthode des 5M :

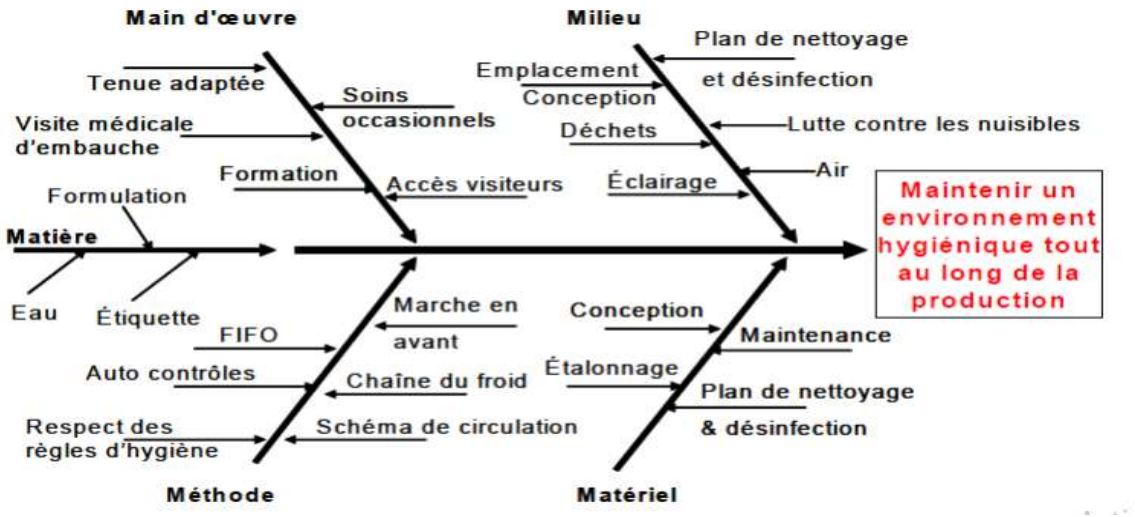


Figure 2: Diagramme d'Ishikawa

Source: (Clain, 2015; Mugisha, 2022; Ndayiragije, 2023).

1. Notions relatives à la sécurité des aliments

Les composantes de l'hygiène alimentaires sont indissociables l'une de l'autre et doivent être maitrisées tout au long de la chaine de production. Ces composantes sont au nombre de deux à savoir : la sécurité des aliments également appelée innocuité des aliments et la salubrité des aliments.

La sécurité des aliments également appelé innocuité des aliments (Food safety en anglais qui signifie aliments sûrs) garantit l'absence d'effet néfaste pour la santé du consommateur quand ils sont préparés et/ou consommés conformément à l'usage auquel ils sont destinés. Par contre, Ce concept ne doit en aucun cas être confondu avec celui de la « **sécurité alimentaire** » (Food Security) qui désigne la sécurité des approvisionnements alimentaires en quantité et en qualité (FAO, 2008; Hendel, 2018). Quant à **la salubrité des aliments** (Food suitability en anglais qui signifie aliments propres), elle concerne les caractéristiques intrinsèques du produit,

à savoir le goût, l'odeur, la texture, la présentation qui peuvent changer avec la présence de microbes de dégradation (bactéries, levures et moisissures). C'est l'assurance que les aliments sont « acceptables » pour la consommation humaine (Hendel, 2018).

2. Service de contrôle des aliments

Selon l'EAC (2001), le contrôle des aliments se définit comme étant : « toutes les activités nécessaires et obligatoires pour garantir la qualité et l'innocuité des produits alimentaires». Les systèmes modernes de contrôle alimentaire reposent nécessairement sur des processus décisionnels scientifiques et transparents et exigent par conséquent la disponibilité de personnes dûment qualifiées et formées dans des disciplines telles que les sciences et les technologies alimentaires, la chimie, la biochimie, la microbiologie, la médecine, l'épidémiologie, l'agronomie, l'assurance qualité et la vérification alimentaire. Les autorités chargées du contrôle alimentaire doivent mieux apprécier le rôle de la science dans le cadre de l'approche axée sur les risques et mettre à profit les moyens scientifiques disponibles au sein de la communauté internationale (FAO & OMS, 2003a).

Le recours aux bonnes pratiques de fabrication et aux principes d'hygiène en se référant aux normes reconnues internationalement doit être un critère incontournable dans les industries de fabrication des produits alimentaires (EAC, 2001).

I.1.9. Facteurs d'altération des boissons

Divers facteurs peuvent altérer ou dégrader la qualité du produit fini et causer les problèmes d'intoxication alimentaire. Malgré les avantages liés à la consommation des fruits et leur jus frais, le contrôle de leur qualité sanitaire doit être une priorité car l'aliment altéré a une conséquence directe sur la santé du consommateur et peut provoquer des intoxications graves (Benterki & Balah, 2020). En effet, dans la mesure où ces aliments consommés sans aucun traitement de conservation, ils sont depuis longtemps reconnus comme sources de transmission de maladies infectieuses (Kirati, 2019). Les facteurs d'altération des aliments sont classés selon leurs caractères intrinsèques liés à l'aliment ou extrinsèques liés à l'environnement (tableau 7) (Yasmine, 2023).

Tableau 7: Les facteurs d'altération intrinsèques et extrinsèques

Facteurs	**Exemples**
Intrinsèques	PH
	Potentiel d'oxydo – réduction
	Structure physique de l'aliment
	Présence d'antioxydant
Extrinsèques	Durée
	Température
	Humidité relative (aw)
	Intensité lumineuse
	Nature et seuil de microorganisme
	Teneur en oxygène et en gaz carbonique

Source : (Cheroual, 2020; Selhi, 2020; Thuault et al., 2022; Yasmine, 2023)

I.1.10. Influence des paramètres physicochimiques sur la qualité des boissons

Selon Fatma & Lina (2018), des paramètres physicochimiques comme la température de stockage, le pH, la composition chimique du produit, le changement de la couleur du produit et l'acide ascorbique influent également sur la bio détérioration des jus de fruits et provoquent le rejet du produit. Il est conseillé de conserver les aliments au réfrigérateur pour stopper la prolifération de cellules bactériennes, la germination de spores et la possibilité de production des toxines à des niveaux potentiellement dangereux (Benaouadj & Meriem, 2012).

I.1.11. Dangers susceptibles d'altérer la qualité hygiénique des boissons

Trois types de danger peuvent contribuer à l'altération des boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre et ainsi dégrader leur qualité nutritionnelle, organoleptique et hygiénique (Hendel, 2018; Mugisha, 2022). Il s'agit des dangers biologiques, physiques et chimiques (Mugisha, 2022).

1. Dangers biologiques

Des dangers de nature « biologique » peuvent s'introduire accidentellement dans le produit alimentaire. Ici, la contamination devient une préoccupation en matière de salubrité des aliments pour les consommateurs. Les bactéries, les virus et les parasites sont des dangers de nature biologiques et présentent une incidence importante sur la santé publique (Hendel, 2018). Les organismes dangereux introduits dans les aliments peuvent provenir de l'environnement (exemples : bactéries du sol, eau), pratiques sanitaires inadéquates ou d'une contamination croisée qui survient durant le transport, la manipulation, la transformation et l'entreposage (ex. de mauvaises pratiques d'hygiène alimentaire) (Hendel, 2018).

Les bactéries sont le plus grand risque alimentaire de nature biologique. Elles sont le plus souvent à l'origine des accidents alimentaires. Il faut notamment porter attention sur les *Escherichia coli, Salmonelles* et Staphylocoques car l'homme peut être le vecteur de contamination du produit, et ces microorganismes peuvent être partout durant le processus de transformation. D'autres microorganismes sont des moisissures et levures (Mugisha, 2022). Ils sont maîtrisés en limitant leur nombre dans les produits finis en agissant sur les facteurs de croissance ou en les éliminant/inhibant par les traitements physiques, chimiques et/ou biologiques. Ainsi, il faut se fixer trois objectifs en relation avec les risques biologiques : éliminer ou réduire le danger à un niveau acceptable dans la matière première ; prévenir ou minimiser la croissance des microorganismes et la production des toxines et maîtriser la contamination du produit fini (Mugisha, 2022). La nature et l'importance de la prolifération bactérienne sont fonction en partie de la nature de l'aliment, des conditions d'emballage et de l'environnement d'entreposage (Thuault et al., 2022).

2. Dangers physiques

Les dangers physiques sont des corps étrangers présents dans les aliments et causant certaines maladies et lésions chez le consommateur. Ils peuvent résulter de contamination et/ou de mauvaises pratiques à plusieurs étapes de la chaîne alimentaire depuis la récolte jusqu'à la consommation, y compris les étapes au sein de l'unité de transformation (Hendel, 2018). Même s'ils semblent poser moins de problèmes que les risques d'origine chimique et biologique, les risques physiques peuvent avoir un impact grave sur l'assurance qualité des aliments vis-à-vis des consommateurs. La gravité du danger occasionné dépend de la nature et de l'origine du corps étranger (Mugisha, 2022). Le tableau 8 illustre quelques exemples de dangers physiques et leurs effets potentiels sur la santé du consommateur.

Tableau 8: Exemples de dangers physiques susceptibles d'altérer les boissons

Dangers	**Effets néfastes sur la santé**	**Sources**
Verre	Coupures, saignement : peut nécessiter une opération pour le trouver et l'extraire	Bouteilles, ampoule à néon, ustensiles, couvre outils, champs,…
Bois	coupure, infections, étouffements : peut nécessiter une opération pour le trouver et l'extraire	champs, palettes, caisses en bois, bâtiments
Pierres	étouffement, dents cassées	bâtiments, champs
Métaux	Coupures, infection : peut nécessiter une opération pour les trouver et les extraire	Equipement, champs, fils de fer ; employés
Isolants	Etouffement à long terme s'il s'agit d'amiante	Matériaux des bâtiments
Plastique	Etouffements, coupures, infection : peut nécessiter une opération pour le trouver et l'extraire	emballage, palettes, équipements
Objets personnels	Etouffement, coupures, dents cassées : nécessite une opération pour le trouver et l'extraire	Employés (salariés intérimaires, saisonniers) ne respectant pas la charte hygiène en production.

Source : (FAO & OMS, 2022b; Hendel, 2018).

3. Dangers chimiques

Les composés chimiques naturels, les contaminants chimiques industriels et les contaminants provenant de l'emballage peuvent constituer les dangers d'origine chimique. Les contaminants chimiques peuvent exister naturellement dans les aliments ou y être ajoutés pendant leur traitement (Hendel, 2018). Ces dangers peuvent apparaître tout le long de la chaîne alimentaire, par exemple : résidus de produits chimiques employés dans les cultures, erreurs d'entreposage, désinfection (FAO & OMS, 2022b) ; ou migrer depuis les emballages ; ce sont, par exemple, des emballages récupérés qui peuvent contenir des produits chimiques contaminants (Mugisha, 2022).

I.2. GENERALITE SUR L'EMBALLAGE ALIMENTAIRE

I.2.1. Définition

L'emballage alimentaire est l'ensemble des matériaux destinés à protéger la qualité nutritionnelle, organoleptique et fonctionnelle du produit alimentaire tout au long de la chaîne de la commercialisation jusqu'à son consommateur final (Mezroua, 2020). Pour l'entreprise, l'emballage alimentaire est considéré comme un outil de garantir la sécurité de la distribution du produit jusqu'au consommateur final dans de bonnes conditions et à un coût acceptable (Andrianina, 2016). Néanmoins, l'emballage se distingue du conditionnement qui est l'opération qui permet de mettre le produit dans son contenant (Mezroua, 2020).

Selon le Conseil National de l'Emballage (CNE), l'emballage est défini comme « Tout objet, quelle que soit la nature des matériaux dont il est constitué, destiné à contenir et à protéger des marchandises, à permettre leur manutention et leur acheminement du producteur au consommateur ou à l'utilisateur, et à assurer leur présentation » (CNE, 2011).

Selon le Laboratoire National de métrologie et d'Essai (2017), l'emballage alimentaire ne doit pas présenter de danger pour la santé humaine, ne doit pas modifier les caractéristiques organoleptiques des aliments et ne doit pas altérer la composition des aliments.

I.2.2. Types d'emballage qu'il faut adopter

Les matériaux d'emballage à contact alimentaire jouent un rôle incontournable dans la protection de l'aliment (exemples : contre la lumière, la température, l'humidité, les microorganismes,…) et préservent les qualités nutritionnelles et organoleptiques de l'aliment (Arvanitoyannis & Bosnea, 2004; Marwa, 2020).

Il existe cinq matériaux d'emballage de base à savoir le papier, la plastique, le verre, le métal, et le bois (palette). Une sixième catégorie comprend les composites (lorsque l'emballage est fabriqué à partir d'un mélange de plusieurs matériaux) (Guira & Garbouz, 2023; Meziani, 2015). Néanmoins, le verre reste le seul matériau à être 100% recyclable et à l'infini, sans perte de qualité ni de matière (Bariteau et al., 2022). Le tableau 9 indique les avantages et inconvénients de ces matériaux d'emballage.

Dans le domaine agroalimentaire, les jus de fruits présentent généralement trois principaux conditionnements : le verre, la plastique et la brique cartonnée (Thuault et al., 2022).

Tableau 9: Avantages et inconvénients des principaux matériaux d'emballage

Matériau d'emballage	**Avantages**	**Inconvénients**
Verre	-Résistant - Chimiquement inerte -Facile à laver et à stériliser -Transparent, réutilisable ; recyclable -Laisse passer les microondes et permet le réchauffage de l'aliment	-Fragile -Faible conductibilité thermique -Chers et plus lourds à transporter
Papier/Carton	-Plus flexibles et plus légers, bon marché -Recyclables jusqu'à sept fois grâce à la présence de fibres de cellulose	-Sensibles à l'humidité -Changent de propriétés physiques en fonction de l'environnement externe -Opaques
Métal	-Très bonne résistance mécanique et à la chaleur ; - Recyclables ; -Propriétés barrière ; -Protection contre l'humidité et les gaz.	-Chers et plus lourds à transporter -Incompatibilité avec le réchauffement par micro-ondes
Plastique	-Large gamme de formes et propriétés possibles ; -Résistant, flexibles de conception et légers ; -Soudure facile ; -Faible coût ; -Recyclable.	-Non recyclable la plupart -Inertie limitée : Migration possible d'éléments nocifs -Résistance à la chaleur limitée -Polluant

Source : (Andrianina, 2016; Delalonde, 2018; Guira & Garbouz, 2023)

I.2.3. Classification des emballages

Tenant compte des principaux rôles qu'il devra jouer, un emballage peut être qualifié des termes suivants :

Emballage primaire (emballage de vente) : celui qui contient directement le produit : sachet, pot, flacon, bouteille en plastique, bouteille et bocaux en verre, bouteille métallique, emballage végétal (Mezroua, 2020).

Emballage secondaire (emballage groupé) : Qui n'est pas en contact direct avec l'aliment mais enveloppe un premier emballage. Il a une fonction de protection, groupage, et de vente (CNE, 2011; Mezroua, 2020).

Emballage tertiaire (emballage de transport) : Il permet le stockage, le transport et la distribution du produit par lot, c'est le cas des casiers à bouteille, des caisses à carton épais, des palettes en bois (Andrianina, 2016; Boussaid & Boumeraou, 2020; CNE, 2011; Mezroua, 2020).

I.2.4. Fonctions d'emballage

1. Fonction technique de l'emballage

Selon Mezroua (2020), l'emballage a pour but de contenir le produit, maximiser la période de conservation (en servant de barrière contre l'humidité, l'oxygène et les microbes), fournir des informations pertinentes sur l'étiquette, prévenir des pertes d'arôme et protéger contre les odeurs provenant de l'environnement et, enfin, servir d'entreposage du produit.

Les trois caractéristiques essentielles recherchées pour un polymère ou pour un matériau composite à base de matières plastiques au contact avec des produits à base de fruits (jus, ou boissons à base de fruits), sont liés à son imperméabilité à l'oxygène, au gaz carbonique et à la vapeur d'eau (Lozano, 1983).

2. Fonction marketing

Une fonction d'information de plus en plus importante, à travers l'étiquetage, associée à des contraintes réglementaires sur les types d'information et la fidélité de l'information donnée. Un service de présentation, visant à attirer l'attention et séduire l'acheteur dans la distribution linéaire (Andrianina, 2016).

3. Fonction service

La fonction service concerne beaucoup plus la qualité qu'offre un emballage à l'utilisateur (par exemple la possibilité d'une ouverture ou fermeture facile) (Andrianina, 2016).

Cependant, selon Mezroua (2020), l'emballage joue aussi un rôle important dans la sécurité et protection de l'environnement. Son rôle de sécurité se décline sur trois niveaux : (1) le produit (sécurité bactériologique, sécurité organoleptique), (2) la distribution (identification, solidité, marquage) et (3) la consommation ou l'utilisation (faciliter la mise en œuvre) (Andrianina, 2016). Quant à la protection de l'environnement il faut savoir que la conception ou l'amélioration des emballages doit tenir compte de la sauvegarde environnementale et doit être une préoccupation non seulement des industriels mais aussi des fabricants (Andrianina, 2016; Bariteau et al., 2022).

I.2.5. Facteurs contrôlant la durée de conservation

La durée de conservation d'un aliment est contrôlée par trois facteurs à savoir : (1) les propriétés de l'emballage, (2) l'environnement auquel le produit est exposé pendant la distribution, le transport et le stockage (facteurs extrinsèques comme la température, l'humidité, la lumière et les contraints mécanique) et (3) les caractéristiques du produit, y compris les paramètres de formulation ainsi que la technologie utilisée lors de la fabrication du produit (facteurs intrinsèques) (Marwa, 2020). L'emballage joue un rôle important vis-à-vis de l'aliment car diverses réactions peuvent apparaitre de l'aliment vers l'emballage ou vice versa et cela peut être une source d'altération du produit (Thuault et al., 2022).

I.2.6. Interactions entre l'emballage et le produit alimentaire

L'interaction entre le contenant et le contenu peut aboutir à des transferts de matière (Bach Campa, 2012). L'inertie d'un emballage (surtout l'emballage plastique) est rarement totale ce qui peut engendrer par exemple une altération des propriétés organoleptiques de l'aliment ou éventuellement un problème toxicologique (Boussaid & Boumeraou, 2020). Dans le domaine agroalimentaire, il existe trois types d'interactions possibles entre l'emballage et l'aliment : (1) la perméation, (2) la sorption et (3) la migration (Bach Campa, 2012; Boussaid & Boumeraou, 2020; Meziani, 2015; Peychès-Bach, 2009).

1. La perméation est un phénomène qui caractérise le transfert des substances volatiles (gaz comme O2, CO2, vapeurs d'eau, composés d'arôme) au travers du matériau. Il peut y avoir soit une perte d'arôme de la part de l'aliment soit une contamination de l'aliment par les substances provenant de l'environnement (gaz, odeurs) ou de la paroi externe de l'emballage (Boussaid & Boumeraou, 2020).

2. La sorption est un phénomène pour lequel des constituants de l'aliment peuvent être absorbés par l'emballage. Ceci, d'une part, nuit à la qualité de l'aliment et, d'autre part, peut conduire à la détérioration de l'emballage (Boussaid & Boumeraou, 2020).

3. La migration est le transfert vers l'aliment des constituants du matériau d'emballage (comme les additifs, pigments, oligomères, monomères, …) (Meziani, 2015). La migration dépend de la composition du matériau, de sa nature, de sa volatilité, de la concentration de ses molécules mais également de celle de l'aliment (Boussaid & Boumeraou, 2020; Peychès-Bach, 2009).

I.2.7. Etiquetage des aliments

On entend par « étiquette » toute fiche, marque, image ou autre matière descriptive, écrite, imprimée, poncée, apposée, gravée ou appliquée sur l'emballage d'une denrée alimentaire ou jointe à celui-ci (FAO, 2021c; FAO & WHO, 2018).

Dans le domaine agroalimentaire, le but de l'étiquetage des aliments est lié à la façon la plus courante et la plus directe qu'ont les producteurs (ou vendeurs) de communiquer de l'information sur les produits aux acheteurs. C'est aussi l'un des principaux moyens pour les consommateurs de faire la distinction entre les différents aliments et les différentes marques de commerce et de faire un choix juste et éclairé à l'achat (FAO & WHO, 2018).

D'après Mezroua (2020), de nombreux critères peuvent être utilisés et adoptés pour évaluer chaque étiquette alimentaire. Parmi ces critères on peut citer : la lisibilité (est-ce qu'on peut lire facilement les mentions sur l'étiquette ?), la visibilité (il s'agit ici, le pouvoir de capter l'attention des yeux), la personnalité (l'étiquette donne-t-elle une idée juste et complète du produit ?), l'attirance (le produit suscite-t-il l'intérêt du consommateur ?) et la différenciation (est-ce que le produit permet de se distinguer des produits concurrents ?).

1. Composition de l'étiquette (CODEX STAN 1-1985)

Les informations spécifiques selon le type d'aliment préemballé doivent apparaitre sur l'étiquette. Pour ce, le produit fini prêt à être commercialisé doit être étiqueté, sauf dans la mesure où il est expressément prévu autrement dans une norme individuelle du codex (FAO, 2021c; FAO & OMS, 2021). De plus, les renseignements comme le nom du produit, la liste des ingrédients, les allergènes possibles, la quantité des ingrédients, le numéro du lot, la quantité nette du produit, la date de péremption, les conditions particulières de stockage ou conditions d'utilisation, le nom et les coordonnées du fabricant ou du vendeur, le mode d'emploi, le pays d'origine ou le lieu de provenance, la teneur en alcool et la déclaration nutritionnelle doivent être figurés sur l'étiquette de tous les aliments (FAO, 2021c; FAO & OMS, 2018b). Néanmoins, les règles d'étiquetage peuvent être trouvées dans l'Article 15 du règlement CE n°1935/2004 (LNE, 2017).

I.3. NOTION DE TRAÇABILITE ET RAPPEL DES PRODUITS ALIMENTAIRES

I.3.1. Traçabilité

Selon la commission du codex alimentarius, la traçabilité est la capacité de suivre le mouvement d'une denrée alimentaire à travers une(des) étape(s) bien spécifiée(s) de la production, de la transformation et de la distribution (FAO/OMS, 2012). La norme NF ISO 8402 (1995) définit la traçabilité comme étant : « l'aptitude à retrouver l'historique, l'utilisation ou la localisation d'article(s) ou d'activité(s) semblable(s) au moyen d'une identification enregistrée. Elle permet ainsi de suivre un produit ou un service depuis sa création (production) jusqu'à sa destruction (consommation) » (Fabbe-costes & Lemaire, 2021).

Pour un produit alimentaire donné, la traçabilité permet d'identifier : toutes les étapes de sa fabrication, la provenance de ses composants et leurs fournisseurs, les endroits où le produit et ses composantes ont été entreposés, les contrôles et tests sur le produit et ses composantes, les équipements utilisés dans sa fabrication ou sa manipulation et les clients directs qui ont acheté le produit (Ndayiragije, 2023).

I.3.2. Rappel d'un produit alimentaire

Pour les autorités compétentes, l'objectif principal d'un rappel des aliments est de protéger la santé publique, en veillant à ce que : un aliment dangereux soit rapidement retiré de toutes les étapes possibles de la chaîne d'approvisionnement, les consommateurs concernés et les clients soient informés et que l'aliment faisant l'objet d'un rappel ait été récupéré, détruit ou retransformé (FAO/OMS, 2012; Ndayiragije, 2023). Le rappel est exigé lorsque le système de sécurité sanitaire et les étapes de vérification n'ont pas réussi à détecter l'aliment défectueux et que les denrées alimentaires sont déjà disponibles dans le réseau de distribution. Le retrait et le rappel des produits alimentaires coexistent dans la pratique (Ndayiragije, 2023; Rakansou, 2009) .

CHAPITRE II. MATERIELS ET METHODES

II.1. Matériels de laboratoire

Un nombre d'appareillage a été utilisé au cours de notre travail expérimental. Ainsi, lors de l'analyse au laboratoire, le matériel utilisé était constitué d'une verrerie comprenant les béchers, l'erlenmeyers, les burettes, les pipettes, les pissettes, les fioles jaugées, l'éprouvette graduée, l'agitateur magnétique, la barre magnétique (téflon), la plaque chauffante, le ballon, les flacons, des appareils tels qu'un réfractomètre de marque KRÜSS, une étuve, une balance de précision, un PH-mètre de marque Biobase, l'incubateur, des réactifs tels que les produits chimiques utilisés lors de l'expérimentation. Ces derniers étaient de qualité analytique comme c'est le cas pour le NaOH 0.1N, l'indicateur Phénolphtaléine, les solutions tampons à pH 4, 7 et 10 qui sont utilisées pour étalonner le pH-mètre. Pour l'analyse microbiologique, différents milieux de cultures selon le type de microorganisme recherché ont été utilisés. L'annexe 1 illustre d'autres matériels utilisés au cours de la réalisation de ce travail.

II.2. Laboratoire d'analyse

Au cours de l'expérimentation, les échantillons collectés étaient directement acheminés vers les lieux d'analyse respectifs. Au Centre National de Technologie Alimentaire (CNTA), on a effectué des analyses physicochimiques alors qu'au Bureau Burundais de Normalisation et de Contrôle de la Qualité (BBN), des analyses physicochimiques et microbiologiques ont été effectuées.

Pour des fins d'éthique et de déontologie professionnelle et dans le but d'empêcher toute mauvaise utilisation et interprétation des résultats trouvés, les noms des boissons faisant l'objet d'étude ainsi que les noms des usines de production ont été codés au moment de l'analyse au laboratoire. Ainsi, les boissons aromatisées au gingembre commencent par la lettre B alors que les jus de fruits commencent par la lettre J. La liste des produits faisant l'objet d'analyse se trouve dans le tableau 10 et est codée.

Tableau 10: Codage des boissons analysées au laboratoire

Nom de boisson sous formes codé	**Codage du nom de l'usine de production**	**Nom du lieu de production**
JMn	UPC1.2	Province Cibitoke
BM	UPC2.2	Province Cibitoke
BAkt	UPA1	Province Ngozi
JB A	UPC3	Province Cibitoke
BRt	UPA4	Province Kayanza
BFt	UPA5	Province Bujumbura Mairie
JG	UPC2.1	Province Cibitoke
BNzt	UPA6	Province Bujumbura Mairie
BAJt	UPC1.1	Province Cibitoke
JB B	UPC4	Province Cibitoke
BAcn	UPA7	Province Makamba
BKot	UPA8	Province Ngozi
BKt	UPA2	Province Bujumbura Mairie
BNG	UPA3	Province Bujumbura Mairie

II.3. Zone d'étude et justification du choix du lieu de collecte des échantillons

Au cours de ce travail de recherche, la province Cibitoke était notre zone d'étude. Elle est composée par six communes à savoir : Buganda, Rugombo, Murwi, Bukinanyana, Mabayi et Mugina. En 2008, la population totale recensée selon le statut de résidence était de 460 435 habitats (ISTEEBU, 2008). Selon les projection de l'ISTEEBU, elle est estimée à 763.414 habitats en 2024 et atteindra 1,159,164 habitats en 2050 (ISTEEBU, 2020). Au cours de cette étude, les communes Rugombo et Mabayi ont été choisies principalement pour trois raisons : (1) La province Cibitoke est l'une des provinces du Nord-Ouest du Burundi et partage de frontières avec le Rwanda et la République Démocratique du Congo (RDC). Pour ce, lors du commerce transfrontalier, il est nécessaire que les boissons à base du jus de fruits et celles aromatisées au gingembre vendues, y compris celles qui ne sont pas nécessairement produites sur place, soient sans dangers et répondent aux attentes des consommateurs, (2) La situation géographique de cette province nourrit l'hypothèse d'une existence de diversité de boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre.

Ainsi, des données scientifiques basées sur la qualité nutritionnelle, organoleptique et hygiénique de toutes ces boissons vendues, favoriseraient les produits burundais (boissons aromatisées au gingembre et jus de fruits) d'être commercialisés sur le marché régional notamment le Marché Commun de l'Afrique Orientale et Australe (COMESA) et (3) celle du manque du contrôle régulier et permanent (au niveau de tous les coins du territoire burundais) par les inspecteurs de contrôle de la qualité. Les zones et collines faisant l'objet d'étude sont mentionnées dans le tableau 11.

Tableau 11: Lieux de collecte des échantillons

Commune	**Zone**	**Colline**
Rugombo	Cibitoke et Munyika	Cibitoke et Mparambo 1 (Rugombo Centre)
Mabayi	Butahana, Buhoro et Mabayi	Rutorero, Busesa et Kabere (Mabayi centre)

II.4. Méthodologie d'échantillonnage

II.4.1. Echantillonnage

Au moment de l'échantillonnage, une identification des boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre vendues dans la province Cibitoke a été effectuée. Parmi la liste des boissons identifiées (38 variétés de boissons au total), quatorze d'entre elles ont été choisies aléatoirement et ont fait l'objet de notre étude (tableau 13 et annexe 2). Pour chaque échantillonnage, deux bouteilles de 33cl (issues du même lot) par paramètre microbiologique ont été aléatoirement collectées en procédant à leur achat (y compris les boissons collectées au niveau des unités de transformation après avoir reçu une permission du responsable, du chef ou du directeur de l'unité de transformation). Le volume recueilli était suffisant pour toutes les analyses physico-chimiques et microbiologiques (Chenon et al., 2012). Quatre séries d'échantillonnage au total ont été effectuées (tableau 12 et l'annexe 4).

Des mesures de précaution lors du prélèvement et de transport des échantillons ont été prises pour des fins d'hygiène, de non contamination et, ainsi de la fiabilité des analyses. Pour cette raison, les échantillons ont été collectés et conservés dans leurs propres emballages. Ensuite, ils ont été transportés dans des emballages secondaires (en carton) pour une meilleure protection des échantillons.

Les bouteilles de boissons d'échantillonnage étaient étiquetées en mettant tous les renseignements permettant d'éviter les erreurs d'identification (Faradji-Hamma, 2017). Les échantillons de chaque type de boissons ont été collectés à deux différents niveaux : (1) sur le site ou au niveau de l'usine de production, et (2) au niveau des points de vente formelle (boutiques ou alimentation). En vue de la fiabilité des analyses et des données, les échantillons ont été collectés en deux exemplaires. Ainsi, un total de quatre échantillons pour un même type de produit (produit disponible en même temps au niveau des points de vente formel et au niveau de l'usine de production de la province Cibitoke) étaient collectés et analysés pour être soumis à des analyses de laboratoire (annexe 9). Pour les échantillons (boissons aromatisées au gingembre ou jus de fruits) fabriqués dans d'autres provinces, ils ont été collectés au niveau des points de ventes formel uniquement.

Tableau 12: Liste des différentes séries d'échantillonnage

Série d'échantillonnage	**Date d'échantillonnage**	**Lieux d'analyse**	**Nombre d'échantillons**	**Type d'analyse effectué**
Série 1	Du 25-26/1/2024	CNTA	16	Analyse physicochimique
Série 2	Du 28-30/3/2024	BBN	60	Analyse physicochimique et microbiologique
Série 3	Du 13-15/5/2024	CNTA	17	Analyse physicochimique
Série 4	Du 4-6/6/2024	BBN	60	Analyse physicochimique et microbiologique

Dans le tableau 12, quatorze variétés (types) de boissons ont été collectées :

1. Au niveau de la série no 1, le nombre d'échantillon a été déterminé en considérant treize variétés de boissons (seize échantillons au total). Dix variétés d'entre elles, sont des boissons collectées avec un seul exemplaire (dix échantillons) tandis que les trois autres variétés de

boissons ont été collectées en deux exemplaires (au total six échantillons) tout en considérant leur date de fabrication.

2. Au niveau des séries 2 et 4, cinq types de boissons ont été considérés (la quatorzième variété de boisson a été collectée au niveau des séries 2 et 4). Pour chaque variété de boisson, deux bouteilles (issus du même lot) ont été collectées pour l'analyse des paramètres physicochimiques (dix échantillons au total) alors que par paramètre microbiologique, deux bouteilles de chaque variété de boisson ont été considérées (cinquante échantillons au total). Le nombre d'échantillons pour les séries 2 et 4 est égal à soixante au total en additionnant les échantillons collectés pour l'analyse physicochimique et microbiologique.

3. Au niveau de la série no 3, le nombre d'échantillon a été déterminé en considérant treize variétés de boissons (seize échantillons au total). Neuf variétés d'entre elles, sont des boissons collectées avec un seul exemplaire (neuf échantillons) tandis que les quatre autres variétés de boissons ont été collectées en deux exemplaires (au total huit échantillons). Le nombre total d'échantillon pour la série 3 est égal à dix-sept.

II.4.2. Critères d'inclusion et de non inclusion

1. Critères d'inclusion : Toutes les boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre vendues sur le marché local de la province Cibitoke et disponibles sur le marché de façon permanente.

2. Critères de non inclusion :

- Toutes les boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre sans étiquette dont le lieu de production reste inconnu ;
- Les boissons qui sont fabriqués uniquement à partir des poudres et des arômes de fruits (sans ingrédients naturelles).

Tableau 13: Liste détaillée des boissons échantillonnées

Nom des boissons	**Nom de l'usine de production**	**Lieu de production**
Ajeniteka Tangawizi	AJENITEKA	Province Cibitoke (centre)
(Akanovera Tangawizi)	TIBU	Province Ngozi
Kirungo Tangawizi	BRIGHT BEVERAGE COMPANY	Bujumburaa, Q. industriel Av Kigeri
Novaria Gingembre	CIAGRICOM	Bujumbura Q. industriel Av Mukoni
(Nakeza Tea)	NAAT Burundi	Bujumbura, Ngagara, Q. industriel
(Raha Tangawizi)	IMENA	Province Kayanza
(Fungus Tea)	ARISE AND SHINE BURUNDI	Bujumbura, Q. industriel
Jus Gashokaneza	COOPERATIVE GASHOKANEZA	Cibitoke-Mabayi (Centre)
Jus de banane I	PAS DE NOM SPECIFIQUE	Cibitoke-Mabayi-Rutorero
Jus de banane II	COOPERATIVE SHEBA	Cibitoke-Mabayi-Buhoro
Akacu Naturelle	CGT	Makamba-Mabanda
Kosora Tangawizi	KINGS COMPANY	Ngozi-Burundi
(Jus Mera Neza)	AJENITEKA	Province Cibitoke
Muvango	COOPERATIVE GASHOKANEZA	Cibitoke-Mabayi Centre

Les boissons en parenthèses ont été choisies aléatoirement pour constituer l'analyse microbiologique.

II.5. Paramètres analysés

Les germes recherchés et les paramètres physicochimiques déterminés au cours de nos analyses, sont résumés sur la figure ci-après (Figure 3).

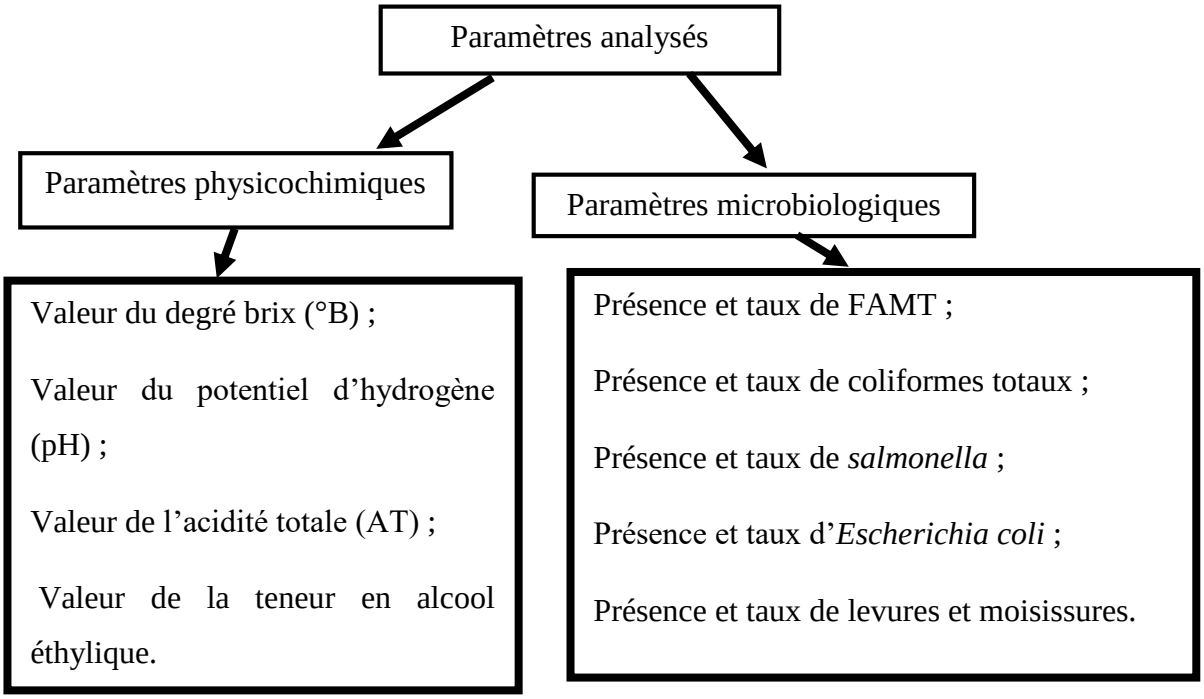


Figure 3: Les paramètres de qualité faisant l'objet d'analyse

II.6. Analyse physicochimique

II.6.1. Détermination du degré brix (°B) : (Méthode réfractométrique)

La « valeur Brix » se rapproche du pourcentage des solides solubles dans l'eau, qui, dans la plupart des cas, reflète la quantité de sucre présente dans le jus. Elle est exprimée en termes de pourcentage du contenu en saccharose (Boukhalfa, 2020; Kirati, 2019). Cette valeur a été déterminée à l'aide d'un refractomètre de marque KRÜSS (Boukhalfa, 2020). Ainsi, d'après Redouane & Djouhra (2020), l'expression de Brix est donnée par la relation suivante : 1 degré Brix = 1g de sucre dans 100g de solution.

II.6.2. Détermination du potentiel d'hydrogène (NF V 05-108 et Méthode du PH-métrique)

La mesure de pH est basée sur la différence du potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongées dans le produit (Boukhalfa, 2020). Cette détermination est réalisée à l'aide d'un pH-mètre de marque 210Benchtop.

Le pH est une mesure quantitative de l'acidité ou de basicité d'une solution, c'est un paramètre qui permet de mesurer la concentration en ions H+ dans une solution ; il est également la différence de potentiel existant entre deux électrodes plongées dans le produit (Kirati, 2019). Son mode opératoire est celui indiqué par le fabriquant. Il faut préciser qu'au moment de la détermination du pH, trois solutions tampons ont été utilisées pour calibrer le pH-mètre.

II.6.3. Détermination de l'acidité totale (EAS 104 : 2013)

L'acidité totale est la somme des acidités titrables lorsqu'on amène le pH à 7 par addition d'une solution alcaline titrée. Dans le calcul de l'acidité totale, l'acide carbonique (libre ou combiné) n'est pas considéré (Méthode OIV-MA-AS313-01, 2009; Méthode OIV-MA-F1-05, 2011).

L'acidité titrable mesure tous les ions hydrogènes (H^+) disponibles dans le milieu, qu'il soit dissocié ou non (Acidité naturelle + acidité développée), reflétant ainsi les composés acides d'une solution (Carole, 2002).

Cette mesure est réalisée par neutralisation de l'acidité totale avec une solution de NaOH (0.1N). L'évolution de la neutralisation est suivie à l'aide d'un indicateur coloré (phénolphtaléine 1%).

Au moment de la préparation de l'indicateur phénol 1%, 1g de la phénolphtaléine solide est ajouté dans 100ml d'éthanol puis on homogénéise pour avoir une solution homogène.

La formule utilisée pour le calcul de l'acidité totale (en %) est celle récemment utilisée par Géoffroy (2015) (Equation 1) :

$$\text{Acidité (en \%)} = \frac{V.NaOH\ utilisée \times Facteur\ de\ dillution}{Prise\ d'essai} \qquad \text{Eq.1}$$

Selon Boukhalfa (2020), l'Acidité titrable (AT) en g/l (Equation 2) est obtenu en appliquant la formule suivante :

$$AT(\frac{g}{l}) = \frac{\text{Normalité de NaOH} \times \text{Indice d'acidité} \times \text{V. titré de NaOH}}{\text{Prise d'essai}} \qquad \text{Eq.2}$$

On peut exprimer l'acidité titrable en gramme d'acide pour 100g (Equation 3) ou pour 100ml de produit en s'appuyant sur les différents facteurs de conversion approprié à l'acide.

Dans le cas où le facteur de conversion de l'acide correspondant est utilisé, l'équation N°3 est envisagée (ISO750, 1998).

$$A(\frac{g}{l}) = V.C. \qquad \text{Eq.3}$$

Où ; A = acidité titrable ; V = volume de NaOH utilisé pour le titrage et C = coefficient de conversion de l'acide correspondant.

II.6.4. Détermination de teneur en alcool éthylique (EAS 104 :2013)

a) Détermination de la densité

La densité de jus a été déterminée à l'aide de la méthode pycnométrique (Dogan et al., 2010; Méthode OIV-MA-AS2-01A, 2012). Après la distillation de l'échantillon à analyser, le distillat a été placé dans un pycnomètre calibré et la densité a été calculée en divisant la masse mesurée du distillat par le poids du même volume d'eau distillé. Ainsi, une balance de précision a été utilisée lors de la détermination de la densité (Equation 4)

$$\textbf{Densité} = \frac{Poids\ d'un\ volume\ de\ l'échantillon\ (après\ distillation)}{\text{Pois du même volume d'eau distillée}} \qquad \text{Eq.4}$$

b) Détermination du degré d'alcool éthylique (EAS 104 :2013)

Le degré d'alcool ou le taux d'alcool peut être défini comme étant le nombre de millilitre d'alcool que contiennent cent millilitres de ce liquide (Mugisha, 2022)**.** En ayant la densité, le degré alcoolique de différentes boissons sera trouvé en s'appuyant sur la table de conversion de la densité en degré alcoolique ou vice-versa (ou utiliser tout simplement l'alcoomètre).

II.7. Analyses microbiologique

L'analyse microbiologique a porté sur l'évaluation de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT), les coliformes totaux (CT), les *Escherichia Coli*, les *Salmonella*, les levures et les moisissures. Le protocole expérimental est basé sur la culture des microorganismes sur des milieux de cultures sélectifs et de composition bien connue. Les analyses effectuées consistent à la recherche et au dénombrement des microorganismes présents dans un volume déterminé de boisson.

II.7.1. Préparation des dilutions

Sur une paillasse bien nettoyé et bien désinfectée et en travaillant dans une zone stérile, après homogénéisation de l'échantillon à analyser, 1ml d'échantillon a été prélevé et a été introduit dans un tube à essai contenant 9ml d'eau peptonée préalablement préparée et stérilisée. On a eu la première dilution fille égale à 1/10 ou 10^{-1} (Boukhalfa, 2020). Dans un autre tube à essai stérile contenant au préalable 9ml d'eau peptonée stérile, on a introduit 1ml de solution provenant de la dilution fille précédente à l'aide d'une micro pipette stérile. Ensuite, on a mélangé soigneusement pour homogénéiser, ainsi on a obtenu une dilution de 1/100 ou 10^{-2} puis on a procédé de manière identique pour la dilution 10^{-3}(1/1000) (Boukhalfa, 2020; Kirati, 2019). Ainsi, à partir de la solution mère, le nombre de dilutions nécessaires durant notre analyse était de 10^{-1} jusqu'à 10^{-3}.

II.7.2. Préparation des milieux de culture

Pour préparer les milieux de culture, un protocole de préparation pour chaque milieu de culture selon le microorganisme recherché est disponible dans le laboratoire microbiologique. De plus, on peut lire directement sur les différents flacons contenant les milieux de cultures le mode de préparation qui est celui proposée par le fabricant.

1. **Eau peptonée (Oxoid)**

Pour préparer 1 litre d'eau peptonée, 10g de peptone et 5g de NaCl ont été dissous dans un 1 litre d'eau distillée avant d'être mise dans l'autoclave pendant 15 minutes à 121^0C. Ainsi, l'eau peptonée stérilisée a été utilisée pour effectuer les différentes dilutions.

2. **Plate Count Agar (PCA)**

Le PCA est un milieu recommandé pour le dénombrement des flores aérobies mésophiles totales (Mugisha, 2022). Pour un litre d'eau déminéralisée et selon les indications du fabricant, la composition en gramme est la suivante : Peptone de caséine (5,00), Extrait de levure (2,50), Glucose (1,00) et Agar (15,00) avec pH final à 25°C égal à 7,0 ± 0,2.

3. Violet Red Bile Lactose Agar (VRBL)

La gélose VRBL est recommandée pour la recherche des coliformes. Les ingrédients en grammes pour 1 litre d'eau purifiée sont : Peptone (7,00), extrait de levure (3,00), sels biliaires N° 3 (1,50) et lactose (10,00).

4. Sabouraud

La gélose Sabouraud est un milieu d'utilisation générale, permettant la croissance et l'isolement d'une grande variété de levures et moisissures. L'addition de chloramphénicol inhibe la croissance des bactéries Gram positif et Gram négatif.
Les ingrédients en grammes par litre d'eau distillée sont : Peptone de caséine (5,00), Peptone de viande (5,00), Glucose monohydraté (40,00), Chloramphénicol (0,50) et Agar (15,00) avec le pH final égal 5,6 ± 0,2 à 25°C.

5. TBx

La gélose TBX est un milieu sélectif et différentiel utilisé pour la détection et le dénombrement d'*Escherichia coli*. Ingrédients en grammes pour un litre d'eau distillée selon les indications du fabricant sont : Peptone de caséine (20,00) , Sels biliaires N°3 (1,50), 5-bromo-4-chloro-3-indolyl-ß-D-glucuronide (144 µmol/l) et agar (15,00) avec le pH final égal 7,2 ± 0,2 à 25°C.

6. RVS et XLD

Le bouillon Rappaport-Vassiliadis Soja (RVS) est utilisé pour l'enrichissement sélectif de *Salmonella*. Selon les indications du fabricant, la composition pour 1 litre de milieu est la suivante : Peptone papaïnique de soja (4,50g), chlorure de sodium (7,20g), phosphate monopotassique (1,26g), phosphate dipotassique (0,18g), chlorure de magnésium anhydre (13,40g) et vert malachite (oxalate) (36,0mg) avec un pH (5,2 ± 0,2) du milieu prêt à l'emploi à 25 °C. La gélose XLD (Xylose-Lysine-Désoxycholate) est utilisée pour l'isolement des *Salmonella*. Pour un litre du milieu, sa composition est la suivante : extrait autolytique de levure (3,0g), L-Lysine (5,0 g), lactose (7,5g), saccharose (7,5g), xylose (3,5g) désoxycholate de sodium (2,5g), chlorure de sodium (5,0g), thiosulfate de sodium (6,8g), citrate ferrique ammoniacal (0,8g), rouge de phénol (80,0mg) et agar agar bactériologique (13,5g) avec un pH du milieu égal à 7,4 ± 0,2 et prêt à l'emploi à 25 °C.

II.7.3. Ensemencement

Le travail d'ensemencement a été fait au niveau de « la hotte à flux laminaire », un appareil produisant de l'air pur et un environnement stérile. On a prélevé 1ml de chaque échantillon à l'aide d'une seringue stérile et on l'a introduit dans un milieu de culture contenu dans le tube à essais et on a homogénéisée. Selon les indications données par le fabricant, le mélange a été écoulé dans une boîte de Pétri et puis des mouvements rotatifs ont été fait pour la répartition convenablement sur toute la surface avant d'être incubé.

II.7.4. Incubation

Après la culture, les différentes boites de Pétri bien étiquetées pour permettre une meilleure identification au moment du comptage des colonies, ont été incubées dans un incubateur réglée à une température spécifique pour chaque microorganisme recherché. Le tableau 14 indique les germes recherchés, les milieux de cultures utilisés, les conditions d'ensemencement et d'incubation (Akkouche & Chikhaoui, 2018; Benterki & Balah, 2020; Boukhalfa, 2020; Kirati, 2019; Nijimbere, 2024; Nkurunziza, 2022), (Adamou et al., 2021).

Tableau 14: Présentation des germes recherchés, les milieux de cultures utilisés, les conditions d'ensemencement et d'incubation

Germes recherchés	**Milieux de culture utilisés**	**Type d'ensemencement**	**Température d'incubation**	**Durée d'incubation**
Germes aérobies	PCA	En profondeur	30°C	72h
Coliformes Totaux	VRBL	En profondeur	37°C	48h
Levures et Moisissures	Sabouraud	En profondeur	20°C	3 à 5 jrs
E. Coli	TBX Agar	En profondeur	37°C	24h
Salmonella	RVS,XLD et Gélose nutritive	En profondeur	37ºC	24h

II.7.5. Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (ISO 4833-1)

Le dénombrement de la Flore Aérobie Mésophile Totale (FMAT) reflète la qualité microbiologique générale d'un produit naturel et permet d'en suivre l'évolution. Leur recherche et dénombrement permettent de prévoir les types microbiens que l'on va rencontrer une foi que les mesures correctives ne sont pas mises en place (Boukhalfa, 2020). Le nombre de germe pourra donner des indications sur l'état de fraicheur ou de décomposition du produit au cours de traitement technologique ou de l'efficacité d'un traitement thermique ou de la conservation. Cette recherche est donc un outil permettant de garantir une certaine sécurité hygiénique et un certain niveau organoleptique (Kirati, 2019).

Il s'agit de l'ensemble de microorganismes capable de se multiplier en aérobiose à des températures optimales de croissances comprises entre +20°C et +45°C. Cette microflore peut comprendre des microorganismes pathogènes pour l'homme et l'animal, mais aussi des microorganismes d'altération variés. En microbiologie alimentaire, on s'intéresse à dénombrer les microorganismes aptes à se développer en gélose pendant 72 heures ± 3 h à 30°C (Boukhalfa, 2020).

La procédure suivie est la suivante : On a effectué un ensemencement en profondeur. Ainsi, 1 ml par boite à partir de la solution mère et des dilutions 10^{-1}, 10^{-2} et 10^{-3} (avec trois boites par dilution). Il faut ensuite couler environ 20 à 25 ml de gélose PCA puis refroidie à 45±1°C. Les boites de pétri contenant ce milieu et l'inoculum sont ensuite soumis à de mouvements circulaires de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée. Après avoir laissé le contenu solidifier sur paillasse, on rajoute une deuxième couche d'environ 5ml de la même gélose. Cette double couche à un rôle protecteur contre les contaminations diverses (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

Incubation et lectures des colonies (UFC) : Les boites ont été incubées avec du couvercle en bas à 30°C pendant 72 heures. La lecture a été faite tous les 24heures après le début de l'incubation. Il faut souligner que les colonies des FAMT se présentent sous forme lenticulaire en masse (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

Dénombrement : Le dénombrement des colonies n'a été effectué que dans les boites contenant 15 et 300 colonies. Le nombre de germes présents dans l'échantillon a été trouvé en multipliant le nombre d'UFC observés dans la boite par le facteur de dilution (inverse de sa dilution).

La moyenne arithmétique des colonies correspondant aux différentes dilutions et exprimés en UFC/ml a été effectuée. Cette moyenne indique le taux de germes présent dans les boissons analysées (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

II.7.6. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale

a) Recherche et dénombrement des coliformes totaux (ISO 4832)

Ce sont donc des organismes indicateurs de la qualité de l'aliment. Elles vivent dans les intestins d'animaux ou humains, leur présence dans l'aliment indique une pollution fécale. Ils ne provoquent pas d'intoxication sauf si la présence d'*Escherichia coli* a été détectée (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

Coliformes : Il s'agit de Bacilles Gram Négatifs (BGN), aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C (Rouina & Salhi, 2023).

Coliformes Thermo-tolérants: Il s'agit là, de coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais à 44°C, ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation de « Coliformes fécaux » (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

La procédure qui a été suivie est la suivante : A partir de la solution mère ainsi que de ses dilutions décimales 1/100 et 1/10 (avec trois boites par dilution), on a procédé à un ensemencement en profondeur, en portant aseptiquement 1ml d'échantillon dans les boites de pétri stériles, auxquelles on a ajouté à peu près 10 à 15 ml VRBL fondue puis refroidie à 45°C, faire ensuite des mouvements circulatoires pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose et on a laissé solidifier sur paillasse (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

Dénombrement : Toutes les colonies rouge violettes d'un diamètre d'au moins 0.5mm ayant poussé sur les boites ont été comptées en tenant compte des facteurs de dilutions. Le dénombrement des colonies n'a été effectué que dans les boites contenant 15 et 300 colonies. Il est impossible de trouver plus de Coliformes fécaux que de Coliformes totaux et les autres colonies non fluorescentes ne sont ni des coliformes totaux ni des coliformes fécaux (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

Expression des résultats : Le nombre de micro-organismes par millilitre de l'échantillon a été calculé à l'aide de l'équation 5 qui est valable pour les Coliformes, les *Escherichia coli*, les levures et moisissures (Nijimbere, 2024).

$$\textbf{Nombre de colonie/ml} = \frac{\boldsymbol{\Sigma C}}{(\mathbf{n\,1 + 0,1n2})\mathbf{d}} \qquad \text{Eq.5}$$

Où : **ΣC** : La somme des colonies retenues sur les boites comptables. **n1**: Le nombre de boites retenues dans la première dilution. **n2** : Le nombre de boites retenues dans la deuxième dilution. **d** : Le facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus.

b) Recherche et dénombrement d'*Escherichia Coli* (ISO 16649-3)

La présence de *E. coli* dans les boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre témoignent d'une contamination fécale et suggère la possibilité que d'autres bactéries ou virus d'origine digestive s'y trouvent. On considère que leur présence rend les boissons impropres à la consommation. Cependant, l'absence d'*E. coli* n'est pas une assurance absolue d'absence de microorganismes pathogènes. Dans l'idéal, *E. coli* est l'indicateur d'hygiène pour l'analyse microbiologique des boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre (Abozue, 2022).

La procédure qui a été suivie est la suivante : 1 ml de chaque dilution (10^{-1}, 10^{-2} et 10^{-3}) a été déposé dans le fond d'une boîte de pétri stérile (trois boites par dilution au totale). Homogénéisation puis laissé à refroidir jusqu'à solidification. Les boites ont été complétées par une 2ème couche pour permettre la croissance des *Escherichia coli* dans des conditions favorables (Selhi, 2020). Ensuite, les boites ont été incubées à 37°C pendant 24h et enfin, on a fait recours à l'équation 5 pour le dénombrement des colonies.

II.7.7. Recherche des germes pathogènes : *Salmonella ssp*

Il existe une grande variété de bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) pour l'homme dans tous les types de produits alimentaires. Celles-ci vivent ou survivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme (Mugisha, 2022; Zemmiri & Merarsim, 2014).

Recherche et dénombrement des *Salmonella* ssp (ISO 6579-1)

Lors de l'analyse des salmonella, la recherche s'effectue par des tests « présence ou absence » et la norme est de 0 germe par millilitre. Pour rechercher et dénombrer le microorganisme « *salmonella ssp* », une succession de quatre étapes est nécessaire (ISO6579-1, 2017).

La première étape : Pré enrichissement en milieu non sélectif liquide

Ensemencement de la prise d'essai dans de l'eau peptonée tamponnée à température ambiante, puis incubation entre 34 °C et 38 °C pendant 18 h. En cas de grandes quantités (par exemple, 1L ou plus), il est recommandé de chauffer l'eau peptonée tamponnée entre 34 °C et 38 °C avant son mélange avec la prise d'essai (ISO6579-1, 2017)**.**

Deuxième étape : Enrichissement en milieux sélectifs

Ensemencement du bouillon Rappaport-Vassiliadis avec soja (bouillon RVS) ou de la gélose Rappaport- Vassiliadis semi-solide modifiée (MSRV) et d'un bouillon Müller-Kauffmann tétrathionate-novobiocine (MKTTn) avec la culture obtenue précédemment (au niveau de la 1ère étape).
Incubation du bouillon RVS ou de la gélose MSRV à 41,5 °C pendant 24 h, et du bouillon MKTTn à 37 °C pendant 24 h.
Pour certains produits, il peut être nécessaire d'incuber le ou les milieux d'enrichissement sélectifs pendant 24 h supplémentaires. Seules les Salmonella mobiles peuvent être détectés à l'aide de la gélose MSRV (ISO6579-1, 2017).

Troisième étape : Isolement sur des milieux solides sélectifs

A partir des cultures obtenues au niveau de la deuxième étape, on fait ensuite l'ensemencement des deux milieux sélectifs solides suivants :
La gélose xylose-lysine-désoxycholate (gélose XLD) ;
Un autre milieu sélectif solide complémentaire de la gélose XLD.
Incubation de la gélose XLD à 37 °C puis examen après 24h. Incubation du second milieu sélectif selon les recommandations du fabricant (ISO6579-1, 2017).

Quatrième étape : test de Confirmation

A l'aide de la gélose nutritive préparée (milieu sélectif solide complémentaire de la gélose XLD), on fait le repiquage des colonies présumées de *Salmonella* et confirmation au moyen des essais biochimiques appropriés (sur le milieu Kligler et lysine de fer dans les tubes à essais) (ISO6579-1, 2017; Nijimbere, 2024).

Expression des résultats : Le nombre de colonies formées a été obtenu à l'aide de l'équation 6 (Nijimbere, 2024)

$$N/ml = \frac{\sum C}{V \times 1.1 \times d} \qquad \text{Eq. 6}$$

Soit ; $\sum$ **C** : est la somme des colonies comptées sur les deux boites retenues.
d : correspond à la première dilution. **1,1 = n1 + 0,1n2** Avec : **n1** : Nombre de boîtes retenues à la première dilution ; **n2** : Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution ; **V** : volume de l'inoculum ensemencé dans chaque boîte en ml ; **N** : nombre de colonies formées par gramme ou par millilitre exprimé UFC/ml.

II.7.8. Recherche des microorganismes d'altération

Recherche et dénombrement des levures et moisissures (ISO 21527-2)

Les levures et moisissures sont des flores indicatrices de la qualité d'un aliment en générale. Ces microorganismes peuvent être utilisés comme une flore technologique ou bien comme un indicateur de contamination. Dans un produit alimentaire, essentiellement d'origine végétale, la recherche des levures et des moisissures est un indicateur clé de la qualité sanitaire. Leur présence dans l'aliment provoque un changement indésirable tel que : l'odeur, le goût, le gonflement, la mauvaise présentation et la diminution de la période de conservation des produits (Kirati, 2019).

Les levures : Est un champignon unicellulaire un eucaryote apte à provoquer la fermentation des matières organiques animales ou végétales. Ces micro-organismes sont de forme variable selon l'espèce (sphérique, ovoïde, en bouteille, triangulaire ou apicule, c'est-à-dire renflée chaque bout comme un citron) mais généralement ovales (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

Les moisissures : Elles sont multicellulaires. La paroi est riche en cellulose ou en chitine. Le corps d'une moisissure est fait de deux parties, le mycélium (ensemble de plusieurs filaments) et les spores (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

La procédure suivie est la suivante : A partir des dilutions décimales, 10^{-4} à 10^{-1}, 4 gouttes ont été aseptiquement portées dans une boite de pétri contenant de la gélose Sabouraud. On a ensuite étalé les gouttes à l'aide d'une anse stérile, puis nous avons incubé à 25°C pendant 5 jours (Nijimbere, 2024; Nkurunziza, 2022).

Ainsi, la première lecture a été faite à partir de la 48^{éme} heure d'incubation ; elle consiste d'abord en la lecture des deux boites témoins car si l'une d'entre elles présente des levures ou des moisissures ça veut dire que l'analyse est à refaire. (Akkouche & Chikhaoui, 2018; Nkurunziza, 2022). Pour exprimer les résultats, on a fait recours à la formule suivante (équation 7) (Nijimbere, 2024) :

$$\textbf{Nombre de colonies (en UFC)/ml} = \frac{\Sigma C}{(n1 + 0.1n2)d} \qquad \text{Eq. 7}$$

Avec, ∑C : somme des colonies comptées dans les boîtes retenues, n1 : Le nombre de boîtes retenues en comptant entre 10 et 150 colonies à la première dilution, n2 : Le nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution tout en considérant les colonies entrent 10 et 150 et d indique le facteur de dilution correspondant à la première dilution.

CHAPITRE III. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

III.1. Présentation des résultats des boissons identifiées

Les boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre sont disponibles et largement vendues sur le marché local de la province Cibitoke. Au total, trente-huit types de boissons ont été identifiés (annexe 3).

III.2. Résultats de l'analyse physicochimique

Les résultats de l'analyse physicochimique sont regroupés dans les figures 4, 5, 6 et 7. Les figures 8, 9, 10 et 11 illustrent les valeurs moyennes des boissons étudiées pour toutes les séries d'échantillonnage effectuées. Ainsi, les résultats détaillés des séries d'échantillonnage ont été présentés dans l'annexe 9 (y compris la légende liée au codage de boissons étudiées). L'annexe 5, 6, 7 et 8 illustrent les valeurs détaillées des paramètres physicochimiques étudiés.

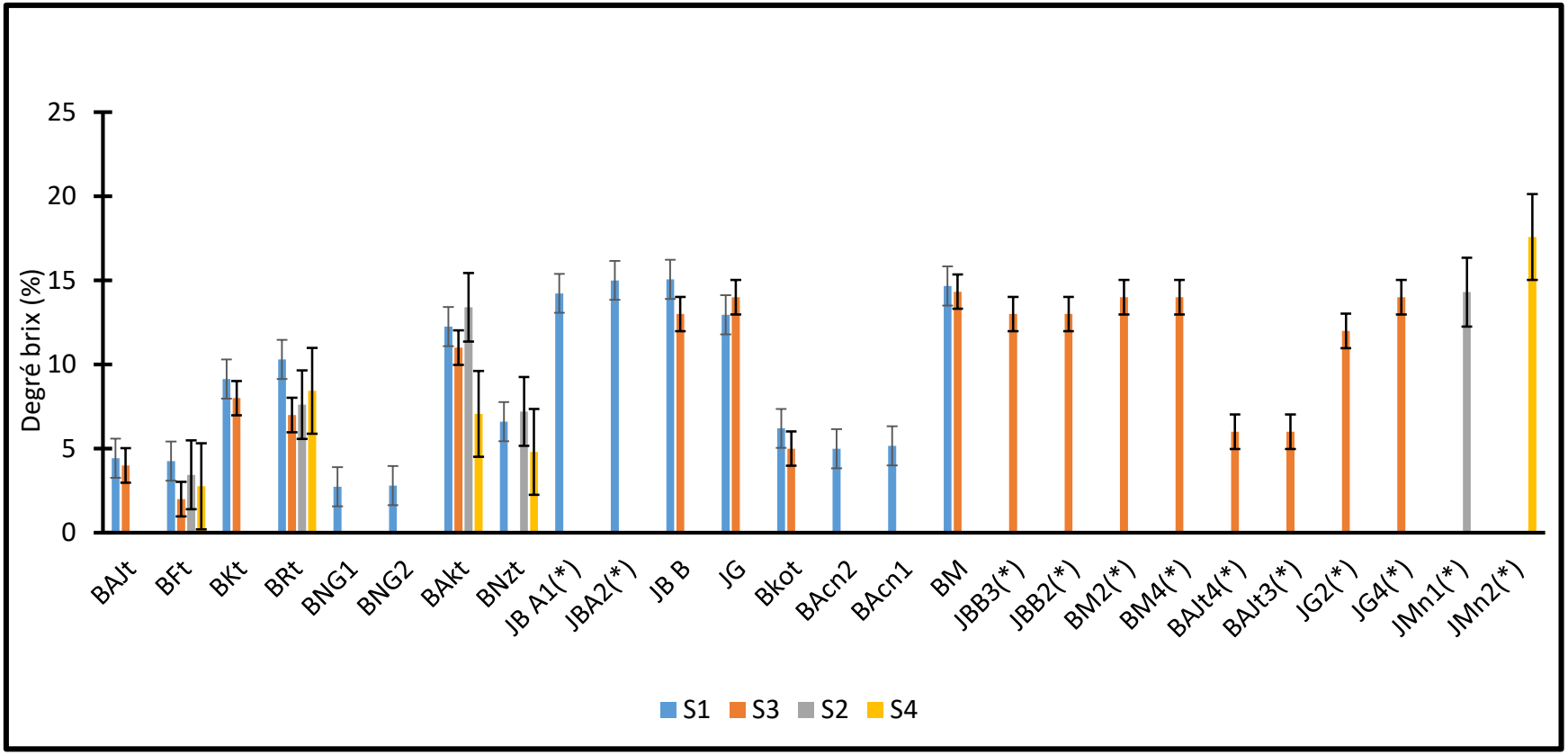


Figure 4: Valeurs du degré brix des séries d'échantillonnage effectuées

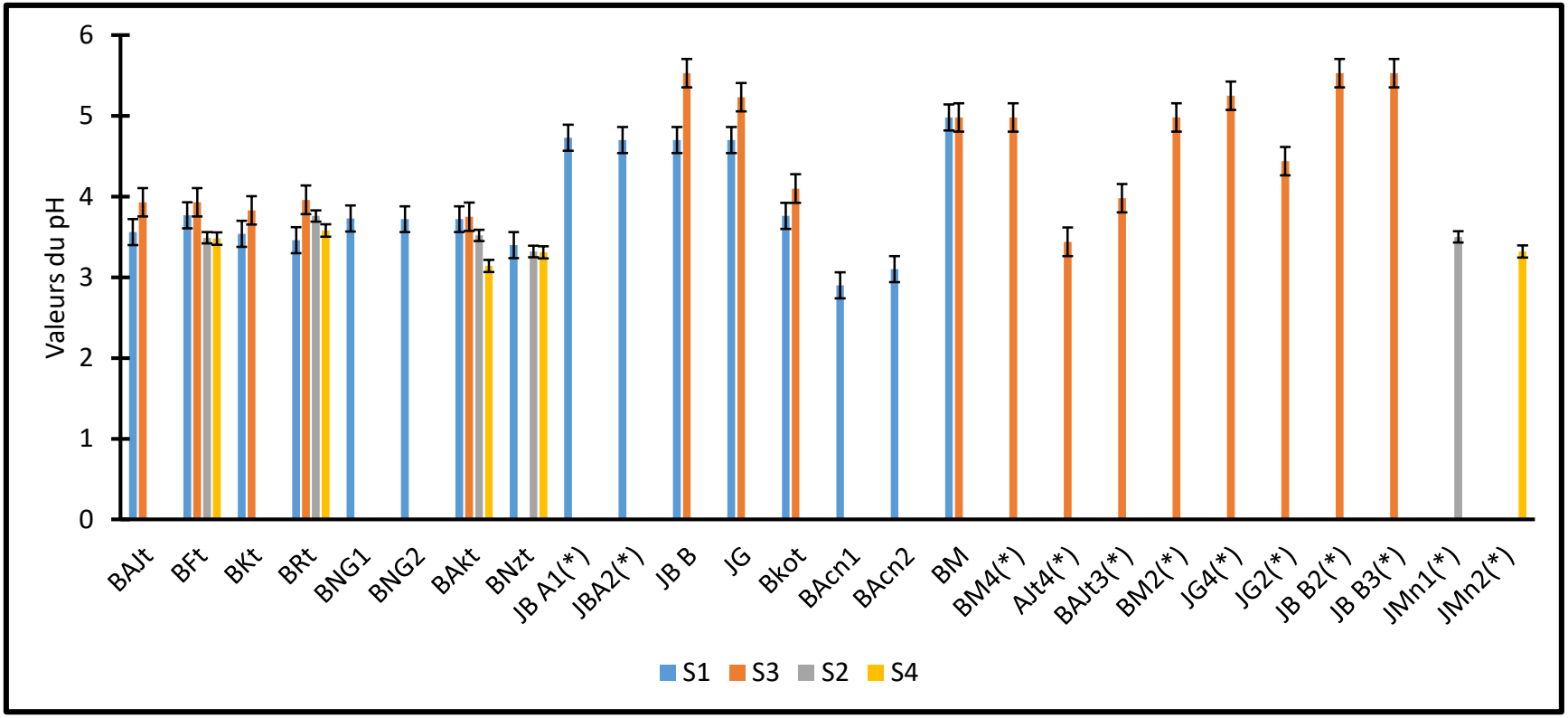


Figure 5: Valeurs du pH des séries effectuées

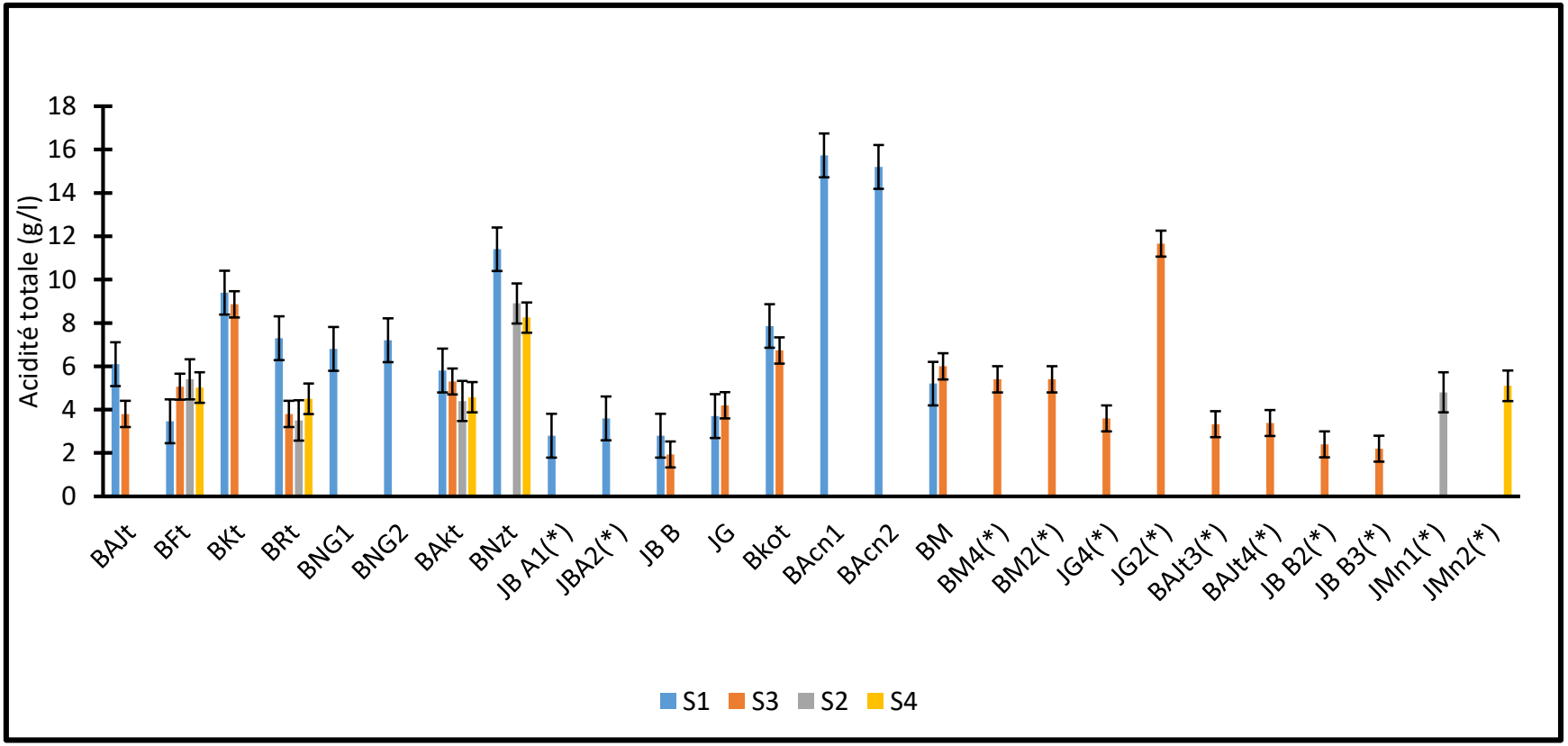


Figure 6: Valeurs de l'acidité totale des séries d'échantillonnage effectuées

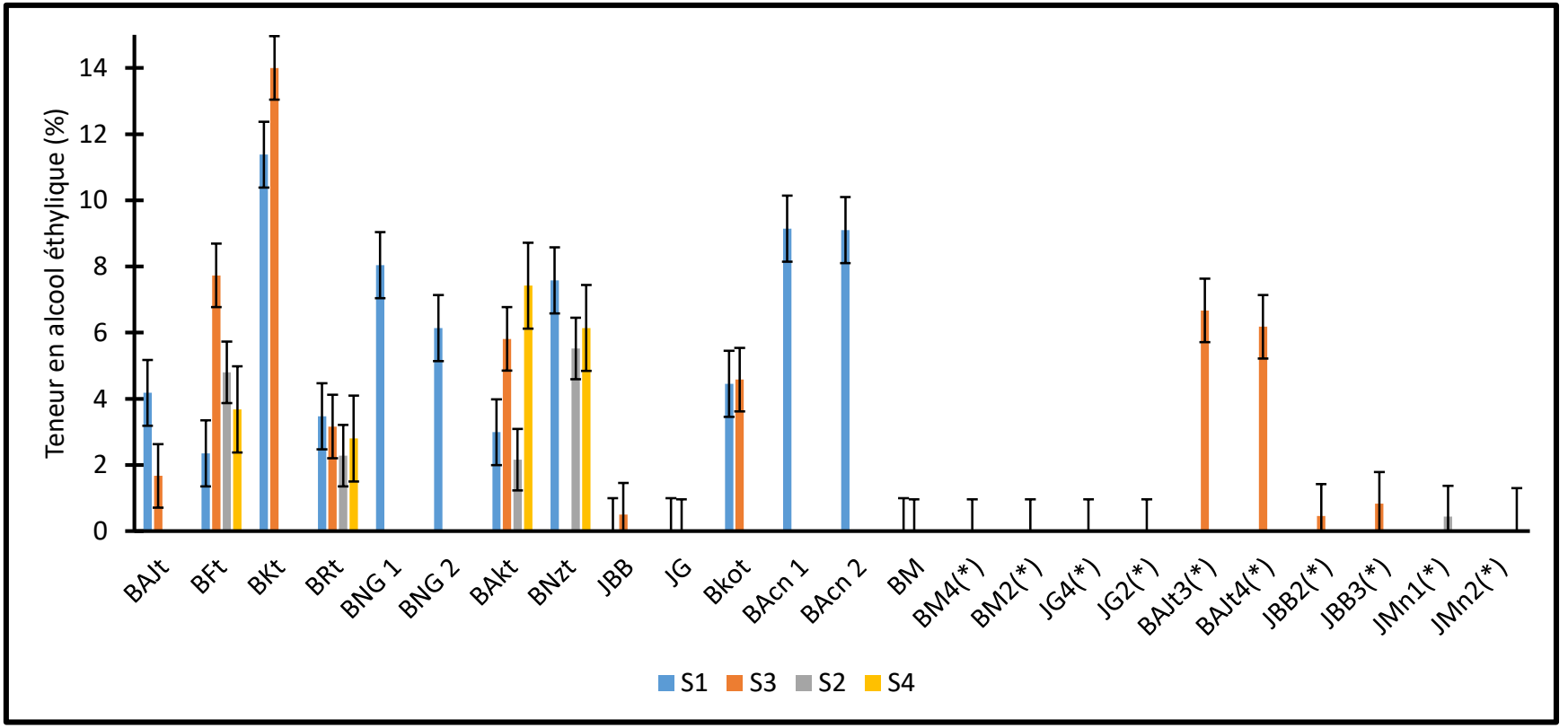


Figure 7: Valeurs de la teneur en alcool éthylique des séries d'échantillonnage effectuées

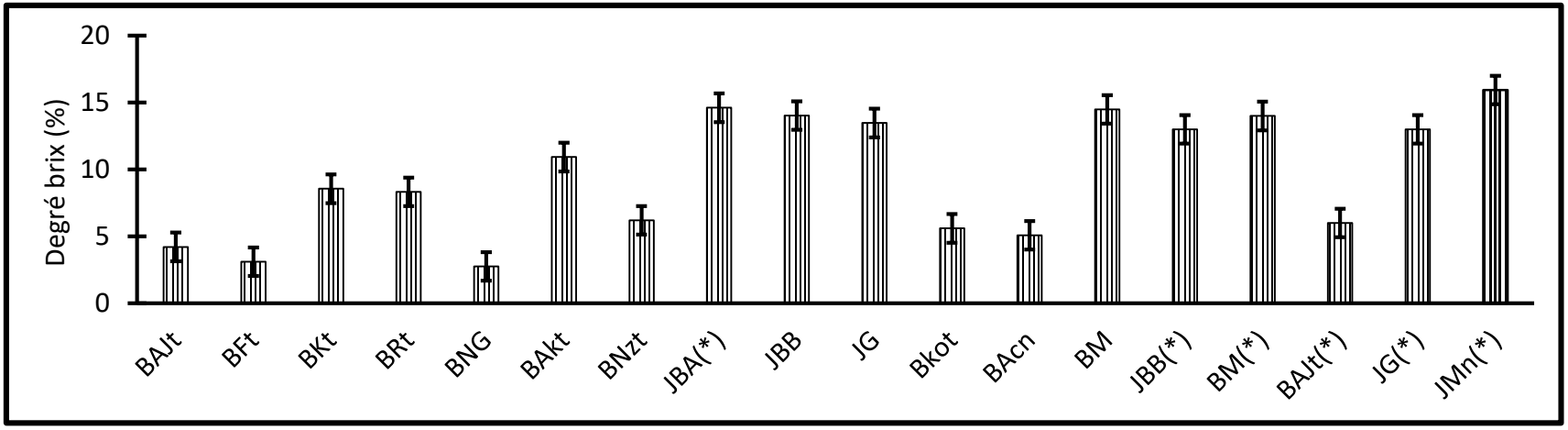


Figure 8: Valeurs moyennes du degré brix de boissons étudiées

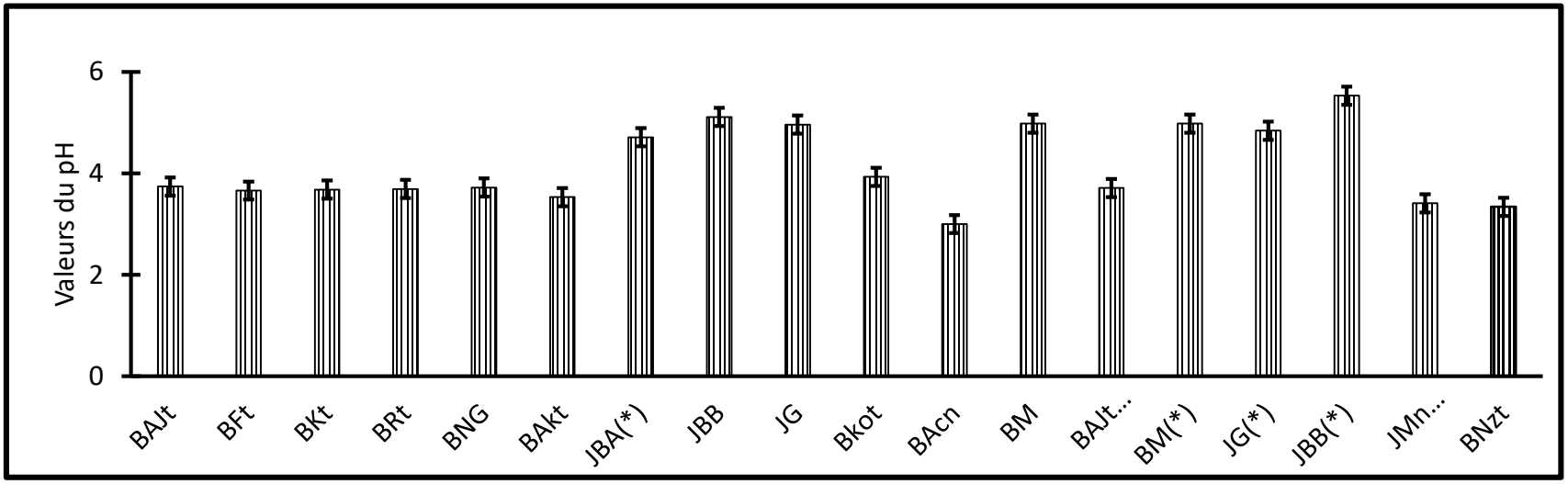


Figure 9: Valeurs moyennes du pH de boissons étudiées

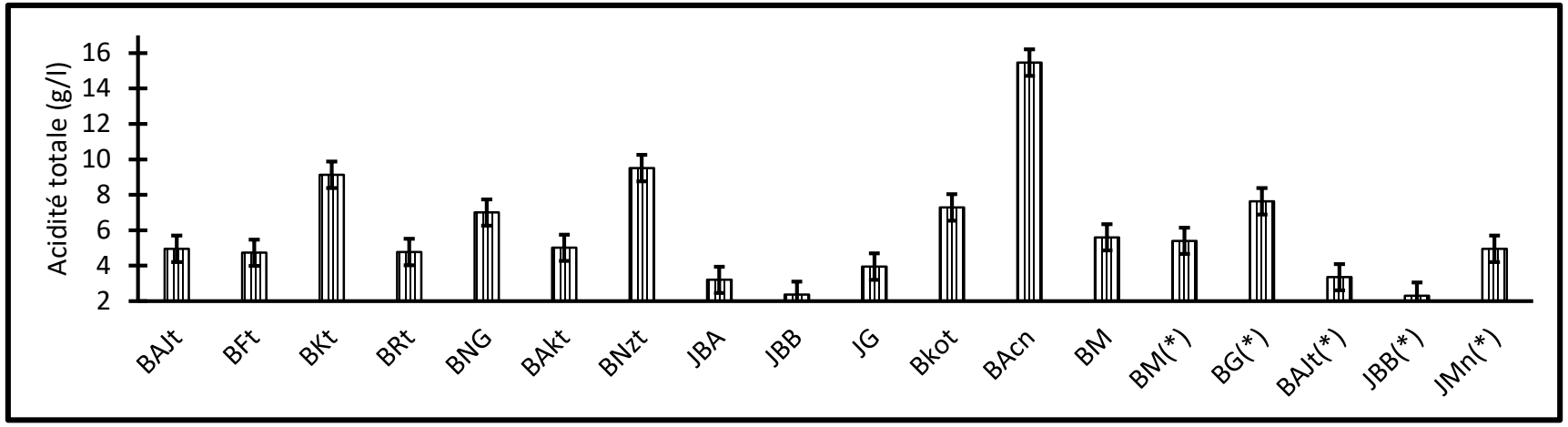


Figure 10: Valeurs moyennes de l'acidité totale de boissons étudiées

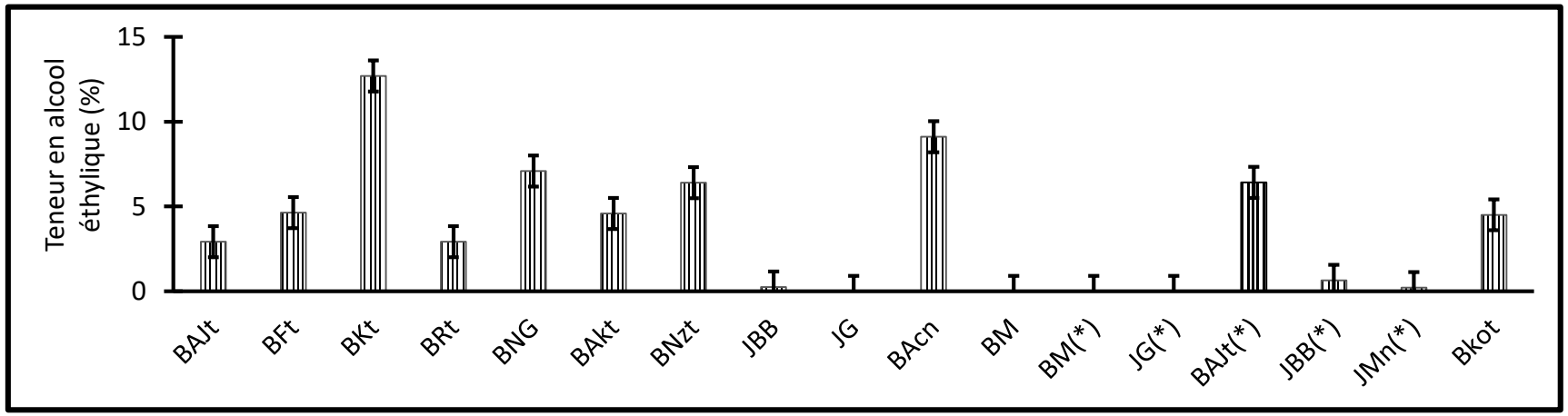


Figure 11: Valeurs moyennes de la teneur en alcool éthylique de boissons étudiées

III.3. Résultats de l'analyse microbiologique

Les résultats de l'analyse microbiologique sont présentés dans les tableaux 15. Les paramètres microbiologiques étudiés ont permis de dénombrer les principales flores d'altération telles que : levures, moisissures et Flore Aérobie Mésophile Totale, les espèces pathogènes notamment les *salmonella spp*, les coliformes totaux ainsi que les flores indicatrices de contamination fécale (*Escherichia coli*).

Tableau 15: Résultats des analyses microbiologiques de cinq types de boissons

Echantillons de deux séries S2 et S4 / **Paramètres étudiés**	**BRt2 ; BRt4**	**BFt2 ; BFt4**	**BAkt2 ; BAkt4**	**JMn1(*) ; JMn2(*)**	**BNzt2 ; BNzt3**	**VN**	**METHODES**
Germes totaux, cfu/ml	2 ; 15	0 ; 0	5 ; 0	0 ; 0	0 ; 0	10^2	ISO 4833-1
Coliformes totaux	ND	ND	ND	ND	ND	A	ISO 4832
E-coli, cfu/ml	ND	ND	ND	ND	ND	A	ISO 16649-3
Salmonella ssp, dans 25 ml	ND	ND	ND	ND	ND	A	ISO 6579-1
Levures et Moisissures, cfu/ml	144 ; 0	17 ; 86	5 ; 0	0 ; 0	0 ; 0	< 30	ISO 21527-2

A : Absent ;

S2 et S4 : Série 2 et série 4 ;

Les points virgules différencient les séries 2 et 4 ;

ND : Non détecté (sur toutes les deux séries étudiées) ;

VN : Valeurs Normatives.

III.4. Discussion des résultats de l'analyse physicochimique

III.4.1. Degré brix

Les solides solubles totaux sont des paramètres de qualité majeurs de boissons à base de fruits affectant les caractéristiques sensorielles des divers types de jus (Belibel & Bouaroudj, 2017). Tous les jus de fruits contiennent du fructose, du saccharose et du glucose quel que soit la nature de fruit, mais leurs teneurs en sucre varie selon le type de fruit (Kirati, 2019). Ainsi, le niveau de sucre dans une boisson à base de fruits est corrélé avec le taux du sucre présent dans le même fruit (Kirati, 2019).

L'indice réfractométrique des différentes boissons permet d'évaluer rapidement leur concentration en sucres solubles. Il mesure en effet la fraction de matière sèche soluble majoritairement composée de ces sucres solubles (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

Les résultats trouvés au cours de notre analyse pour la valeur brix varient de 2 à 14,66 (avec une valeur moyenne variant de 2,76 à 14,49°B) pour boissons aromatisées au gingembre et de 12 à 17,58 (avec une valeur moyenne variant de 13 à 15,94°B) pour les jus de fruits collectées à tous les niveaux (point de vente formelle et usine de production).

En faisant référence aux normes établies par BBN (2022), les jus de fruit doivent avoir 12°B au minimum. De plus, la valeur minimale du degré brix des jus de fruits pressés directement varie de 5,5 à 14°B et celle des jus reconstitués varie de 6 à 21°B (FAO & OMS, 2003b). Néanmoins, on observe une absence des normes spécifiques du degré brix pour les boissons aromatisées au gingembre. Pour ce, nous nous sommes référés à la norme du Codex STAN 161-1989 relative aux nectars. Elle stipule que le degré brix ne doit pas excéder 20°B pour toutes les boissons. Ceci nous amène à souligner que le degré brix des jus de fruits et des boissons aromatisées au gingembre étudiés et collectés à tous les niveaux restent dans les normes exigées par le Bureau Burundais de Normalisation et de Contrôle de la Qualité (BBN), FAO, OMS et du Codex STAN 161-1989 relative au nectars.

D'après les travaux réalisés par Amira & Nihad (2020), le pourcentage des solides solubles dans les jus varie entre 8% et 15% selon le type de jus considéré.

Concernant les boissons aromatisées au gingembre, nos résultats s'écartent à celui de Belibel & Bouaroudj (2017) avec le degré brix variant de 1,89 ± 0,11°B pour le boisson de carotte avec gingembre.

Cela s'expliquerait par la teneur en saccharose ajoutée durant la fabrication du produit ou la variation de la teneur en sucre naturel contenue dans les produits utilisés (Boukhalfa, 2020). Cependant, ce résultat concernant la boisson de carotte avec gingembre se rapproche à celui de la boisson aromatisée au gingembre BFt3 avec 2°B.

Les résultats trouvés par Nijimbere (2024), pour les boissons Raha et Akanovera Tangawizi avec des valeurs variant de 9,8 à 12°B se rapprochent aux résultats que nous avons trouvés pour les boissons aromatisées au gingembre BRt (BRt1,BRt2, BRt3 et BRt4), BAkt (BAkt1, BAkt2 et BAkt3), BKt (Bkt1 et Bkt2) et BMzt2.

Pour les boissons à base de fruits, nos résultats sont similaires à ceux de Redouane & Djouhra (2020) variant de 9 à 14°B pour le jus d'orange. Pourtant, ces résultats restent inférieurs à ceux que nous avons trouvés pour le jus de fruit « JMn2$^{(*)}$ (17,58°B) ». Néanmoins, dans les travaux d'Akkouche & Chikhaoui (2018) des valeurs variant de 9 à 12°B pour les boissons nectars à base de deux fruits (Melon et Mandarine) ont été trouvées. Ces valeurs restent inférieures à celles que nous avons trouvées pour les jus de fruits collectés à tous les niveaux. De plus, les résultats que nous avons trouvés pour les jus de fruits, s'écartent à ceux de Nkurunziza (2022), avec des valeurs variant de 2,333±0,288 °B à 14,666±0,577 °B pour les jus de fruits vendus dans la ville de Bujumbura. Ces différences pourraient être expliquées par la teneur en sucre contenue dans les boissons étudiées ou au type (variété) de fruits considéré (Boukhalfa, 2020). De plus, l'endroit où le fruit a été cultivé ainsi que la variation des saisons de récolte et le degré de maturité des fruits peuvent influer sur la valeur brix (Kirati, 2019; Nkurunziza, 2022).

La valeur du degré brix de l6,18±1,33°B a été trouvée par Nasonne (2015) pour la purée de mangue. Cette valeur est proche de la valeur trouvée pour les jus de fruit JMn2$^{(*)}$, JB A2$^{(*)}$ et JBB1 et légèrement supérieure aux valeurs trouvées pour les autres jus de fruits. La baisse des valeurs du degré brix dans les échantillons étudiés et n'atteignant pas 12°B pourrait probablement être causée par des activités métaboliques microbiennes ayant entraîné la conversion des sucres des échantillons en acides organiques ou en éthanol lors du processus de fermentation (Kirati, 2019). Dans le premier cas, ça entraînerait une réduction du pH, donc une réduction de la durée de conservation. Dans le deuxième cas, il se manifesterait une réduction considérable de la teneur en degré brix. Les acides organiques favorisent le développement de microorganismes comme les levures, entraînant ainsi une réduction de la teneur en sucre (Kirati, 2019).

Aussi, la variation des valeurs brix pourrait être expliquée par les teneurs en sucres contenues dans les boissons étudiées en tenant compte de la matière première et des ingrédients utilisés (Nijimbere, 2024).

III.4.2. Potentiel en hydrogène (pH)

Le pH est l'un des paramètres les plus importants dans le contrôle de la qualité de toute denrée alimentaire y compris les boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre. Il permet de faire l'interprétation des résultats microbiologiques et organoleptiques (Akkouche & Chikhaoui, 2018; Kirati, 2019).

Les valeurs du pH trouvées au cours de notre analyse se trouvent dans l'intervalle de 2,90 à 4,98 (avec une valeur moyenne du PH variant de 3 à 4,98) pour les boissons aromatisées au gingembre collectées à tous les niveaux, de 3,32 à 5,53 (avec une valeur moyenne du pH variant de 3,41 à 5,53) pour les jus de fruits pris au niveau des usines de transformation et de 4,70 à 5,53 (avec une valeur moyenne du pH qui varie de 4,96 à 5,11) pour les jus de fruits collectés au niveau des points de vente formelle. Les valeurs trouvées au cours des analyses au laboratoire donnent un pH acide.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (2017), le pH des jus de fruit doit être acide (un pH < à 6,3). De plus, en se référant aux normes du BBN (2022), les jus de fruits doivent avoir un pH égal à 2,5 au minimum. Nous constatons que les valeurs trouvées au cours de notre analyse respectent les normes exigées par l'OMS et le BBN.

Les valeurs trouvées pour les jus de fruit pris au niveau des unités de transformation sont presque similaires à celles données par Akkouche & Chikhaoui (2018), sur les boissons nectars à base de deux fruits (melon et mandarine) qui varie de 3,5 à 4.72.

Des valeurs du pH presque similaires pour les boissons aromatisées au gingembre ont été trouvées par Nijimbere (2024), sur les boissons au gingembre Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi avec pH variant de 2,91 à 3,40. Ces valeurs restent inférieures aux valeurs que nous avons trouvées pour les boissons aromatisées au gingembre BM (BM1, BM4$^{(*)}$, BM3, BM2$^{(*)}$) et Bkot2.

Des valeurs de pH trouvées au cours notre étude sur les boissons aromatisées au gingembre sont similaires à celles trouvées par Kouassi et al, (2018) variant de 3,61 ± 0.09 à 4,04 ± 0.11 sur la boisson non alcoolisée Gnnammakoudji fabriquée à base du gingembre .

Des valeurs de pH que nous avons trouvées pour les jus de fruits « JMn1$^{(*)}$, JMn2$^{(*)}$ et JG4$^{(*)}$ » concordent avec celles de Nkurunziza (2022). Ainsi, elles varient de 3,813±0,011 à 3, 023±0,040 pour les jus de fruits pris au niveau des unités de transformation de la Mairie de Bujumbura ; et de 3,933±0,011 à 3,096±0,005 des jus produits au CNTA.

Des valeurs des jus de fruits identiques aux valeurs précédentes ont été trouvées par Metlef et al., (2022). Elles varient de 3,05 ± 0,22 à 3,25 ± 0,03 pour le jus de fruit soumis à quelques traitements thermiques durant sa conservation.

D'après Belibel & Bouaroudj (2017), les valeurs du pH égales à 4,42 ± 0,09 pour la boisson avec gingembre et 4,5 ± 0,15 pour la boisson sans gingembre sont presque similaires à celles que nous avons trouvées pour les boissons aromatisées au gingembre.

Au cours de notre analyse, on a remarqué une variation du pH. Cette variation du pH pourrait être due à la différence des espèces de fruits choisies au moment de la fabrication des boissons (jus de fruits et boissons aromatisées au gingembre) ou bien la quantité de l'acide citrique ajoutée dans le but de créer un milieu acide qui est défavorable au développement microbien (Akkouche & Chikhaoui, 2018). En plus, la variation du pH pourrait être affectée par l'acidité des fruits (Benterki & Balah, 2020). Cependant, le type de matière de récipient n'influence pas le changement de pH des jus (Benterki & Balah, 2020).

III.4.3. Acidité totale (AT)

L'acidité totale titrable nous renseigne sur la quantité en acides organiques présente dans l'échantillon étudié. D'une façon générale, les acides organiques sont des intermédiaires des processus métaboliques, ils influencent la croissance des micro-organismes et affectent la qualité de conservation des produits alimentaires. Ils sont directement impliqués dans la croissance et la maturation du fruit (Belibel & Bouaroudj, 2017).

De plus, l'acidité est un paramètre permettant de préserver la qualité microbiologique de différents types de boissons. Elle permet également de prolonger la durée de conservation des boissons et influe aussi sur la sensation gustative chez les consommateurs.

Les acides organiques qui en découlent jouent le rôle de conservateur par l'abaissement du pH (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

Compte tenu des résultats trouvés au cours de l'analyse, l'acidité totale (AT) des boissons aromatisées au gingembre collectées au niveau des points de vente formelle varie de 3,46 à 15,73g/l (avec une variation moyenne de 4,73g/l à 15,46g/l), la valeur de l'AT des boissons aromatisées au gingembre prises au niveau des unités de transformation varie de 3,33g/l à 5,40g/l (avec une variation en moyenne de 3,35g/l à 5,40g/l) ; la valeur de l'AT des jus de fruit collectés auprès des points de ventes formelles varie de 1,93g/l à 4,20g/l (avec une variation en moyenne de 2,36g/l à 3,95g/l); la valeur de l'AT des jus de fruit collectés auprès des unités de transformation varie de 2,20 à 11,66g/l (avec une variation moyenne de 2,3g/l à 7,63g/l) .

En considérant les normes exigées par le BBN (2022), l'acidité totale varie de 4g/l à 15g/l. La boisson BAcn s'écarte de cette valeur normative avec un résultat moyen de 15,46 g/l alors que la boisson BAJt(*) a une valeur inférieure (3,35g/l) à la valeur normative exigée par le comité de Développement Extérieur de Standards et du BBN.

La valeur pour l'acidité élevé (15,46g/l de la boisson aromatisée au gingembre BAcn) s'écarte de la valeur normative. Cette valeur pourrait être due à l'activité fermentaire de certains microorganismes qui dégradent le glucose, principal substrat majoritairement présent dans les boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre en produisant des acides qui acidifient le milieu (Nijimbere, 2024). Quant à la boisson dont l'acidité totale est inférieure à la valeur normative (3,35g/l de BAJt(*), boisson aromatisée au gingembre), elle est trop acide, ce qui la rend potentiellement désagréable à la consommation avec altération du goût et de la qualité (Nijimbere, 2024). De plus, cette acidité totale pourrait avoir pour origine, un défaut de fabrication durant le processus en ajoutant une quantité non régulée d'acide citrique dans les boissons en cours de fabrication pour ainsi diminuer le pH (Redouane & Snasni, 2020).

Les échantillons (boissons aromatisées au gingembre) ayant une acidité non conforme à la norme du BBN (2022) sont BAJt2, BAJt3$^{(*)}$, BAJt4$^{(*)}$, BRt3, BRt2, BFt1 et BAcn (BAcn1 et BAcn2). Par contre, les valeurs moyennes des boissons BAcn et BAJt(*) ne sont pas dans la marge normative établie par le BBN (2022).

Les valeurs de l'AT trouvées durant l'analyse des jus de fruits pris au niveau des unités de transformation se rapprochent avec celles trouvées par Akkouche & Chikhaoui (2018), variant de 4,94 à 5,04 sur l'essais de préparation de nectars à base de deux fruits (melon et mandarine).

Des valeurs de l'AT identiques à celles que nous avons trouvées pour les jus de fruits collectés à tous les niveaux ont été trouvées par Metlef et al., (2022), avec des valeurs variant de 2,7 ± 0,20 à 3,6 ± 0,50 du jus de fruit soumis à quelques traitements thermiques durant sa conservation. Néanmoins, la valeur trouvée pour le jus de fruit JMn(*) reste élevée avec une valeur moyenne de 4,95. Cependant, cette valeur de JMn(*) est similaire à celle trouvée par Redouane & Djouhra (2020), pour les jus orange-carottes variant de 3,4 à 4,5.

L'acidité augmente pendant le stockage en raison de la fermentation (Belibel & Bouaroudj, 2017). Une acidité élevée dans un jus est due à la présence d'acide citrique, tartrique, et malique.

Ces acides assurent l'abaissement de la valeur de pH, contribuant ainsi à l'équilibre entre le goût acide et sucré. De plus, la composition des acides organiques varient en fonction de la nature de fruit et de la maturité de la pulpe ou des ingrédients utilisés lors de la fabrication de ces jus (Akkouche & Chikhaoui, 2018; Benterki & Balah, 2020).

III.4.4. Teneur en alcool éthylique

La fermentation alcoolique correspond à la dégradation des sucres en alcool éthylique et gaz carbonique par l'action des levures (microorganisme fermentaires). ces champignons microscopiques unicellulaires produisent l'énergie nécessaire à leur croissance et leur développement et ce sont elles qui déclenchent le processus biochimique connu sous le nom de fermentation (Nijimbere, 2024). La concentration finale d'alcool éthylique sera définie par les sucres naturellement présents dans le jus. Lorsque la levure ne dispose pas d'oxygène, elle peut néanmoins utiliser des sucres pour produire l'énergie nécessaire à son maintien en vie (Cailleau et al., 2023).

Les valeurs de la teneur en alcool éthylique des boissons aromatisées au gingembre et collectées aux points de vente formelle varient de 0 à 14% (avec des valeurs moyennes de 0 à 12,63%) tandis que celles des boissons aromatisées au gingembre pris au niveau des unités de transformation varient de 0 à 6,18% (avec des valeurs moyennes variant de 0 à 6,42%).

La valeur de la teneur en alcool éthylique pour les jus de fruits collecté au niveau des points de vente formelle varie de 0 à 0,50% (avec des valeurs moyennes variant de 0 à 0,25%), alors que cette valeur varie de 0 à 0,83% (avec valeur moyenne de 0 à 0,64) pour les jus de fruits pris au niveau des unités de transformation.

Nous constatons que, pour toutes les catégories analysées de boissons aromatisées au gingembre, les valeurs de la teneur en alcool éthylique se trouvent dans la marge des valeurs exigées par le BBN (2022). La valeur normative exigée est comprise entre 0,6-10%. Toutefois on note que la boisson BM (BM1 ; BM2$^{(*)}$; BM3 ; BM4$^{(*)}$) a une valeur de 0 et la boisson BKt s'écarte de la norme avec une valeur variant de 11,38% à 14% (avec une valeur de 12,69% en moyenne). Ainsi, cette valeur pourrait être due à une dégradation complète des sucres en alcool éthylique durant la fermentation (Nijimbere, 2024). De plus, la présence des levures en grande quantité (Nijimbere, 2024) ainsi que des conditions de fermentation spécifiques avec une souche de levure sélectionné comme levain industriel pourraient contribuer à augmenter le rendement en alcool éthylique (Huberson, 2008; Mounir et al., 2016). La valeur zéro pour la boisson aromatisée au gingembre BM pourrait être due au fait que cette boisson n'aurait pas été soumise à la fermentation au moment de sa fabrication ce qui fait que la boisson était encore fraiche au moment de l'analyse (Nijimbere, 2024). Cependant, le jus JBB(*) se trouve en dehors des normes du BBN (2022). Par contre, les échantillons JMn1$^{(*)}$, JBB2$^{(*)}$, JBB3$^{(*)}$ et JBB4 ne correspondent pas aux normes du BBN.

Ces boissons sont impropres à la consommation humaine. Ces valeurs des jus qui s'écartent de la norme pourraient provenir de la fermentation précoce des sucres de la pulpe des fruits mal conservés (Ezoua et al., 2014). Une limite maximale de la teneur en alcool éthylique inférieure à 0, 3% pour les jus de fruits est exigée par BBN (2022). La valeur normative de la commission du codex alimentarius exige une valeur de la teneur en alcool éthylique ne dépassant pas 0,5% pour les jus de fruits (FAO,2005). Faisant référence à cette norme, on constate que la valeur du jus de fruit JMn1(*) reste dans la marge des valeurs de la commission du codex alimentarius.

Des valeurs variant de 1,8 à 4 % pour les boissons Raha Tangawizi et Akanovera Tangawizi ont été trouvé par Nijimbere (2024). Nous constatons que ces valeurs se rapprochent de celles des boissons aromatisées au gingembre et qui ont été collectées auprès des points de vente formelle BRt (BRt1, BRt2, BRt3 et BRt4), BFt1, BFt2, BAkt (BAkt1 et BAkt2), Bkot (Bkot1 et Bkot2), BAJt1, et BFt4. Les autres boissons aromatisées au gingembre et collectées à tous les niveaux sont supérieures aux valeurs de Nijimbere (2024). Cela pourrait s'expliquer par la fermentation complète durant la fabrication du produit fini, la présence des levures en quantité suffisantes au moment de la fermentation ou l'utilisation de souches de levures ayant la capacité d'utiliser l'énergie obtenue à partir du sucre (Nijimbere, 2024). Dans nos résultats, nous constatons des valeurs en alcool éthylique supérieures à celles de Nijimbere (2024) mais restant toujours dans la marge des références normatives du BBN (2022).

Pour ce, un phénomène de stabilité de la teneur en alcool éthylique doit être développé au sein des usines de transformation au moment du processus de fermentation.

De plus, la teneur en alcool éthylique des boissons BAJt1, BRt1, Bkot1, BFt2 sont presque similaires à celle de Cisse (2020), pour la boisson à fermentation traditionnelle du Sénégal appelé Mbite1 et Mbite2, avec des valeurs respectives de 4,09 ± 0,02 ml/100ml et 4,04 ± 0,14ml/100ml. De plus, la valeur 1,85 ± 0,25ml/ml pour Mbite3 de ce même chercheur sénégalais se rapproche des valeurs trouvées pour les boissons BAJt2, BRt2, BAKt2, BFt1 et BRt4 aromatisées au gingembre avec des valeurs respectives 1,67% ; 2,28% ; 2,16% ; 2,35% et 2,28%.

Compte tenu des résultats que nous avons trouvés pour les boissons aromatisées au gingembre, nous en déduisons que les boissons aromatisées au gingembre sont des boissons alcoolisées.

III.5. Discussion des résultats de l'analyse microbiologique

Les résultats d'analyse microbiologique trouvés sur les boissons BRt, BAkt, BNzt, BFt et JMn$^{(*)}$ ont révélé une absence totale des germes pathogènes (Coliformes totaux, *Salmonella* et *Escherichia coli*) qui sont les indicateurs de la qualité microbiologique dans les produits étudiés. Par contre, on observe une présence des flores d'altération (les germes totaux, les levures et Moisissures) dans les échantillons BRt2, BRt4, BAkt2, BFt2 et BFt4. Ces germes d'altération témoignent un défaut dans le processus de transformation des produits étudiés (OMS & FAO, 2022). La recherche s'effectue par des tests « de présence ou d'absence de germes » et la norme est de 0 germe par gramme pour les *salmonella, Escherichia coli* et les coliformes totaux (BBN, 2022). Cette absence totale des germes pathogènes a également été rapportée par Nkurunziza (2022), sur les jus en provenance des unités de transformation dans la Mairie de Bujumbura ainsi que les jus fabriqués au CNTA. Nos résultats sont également en accord avec ceux de Nijimbere (2024), sur les boissons Raha Tangawizi, Akanovera Tangawizi et Akayabagu Tangawizi.

Selon les règlements de l'Organisation Mondiale de la Santé (2018), la présence *d'E. coli* dans le produit témoigne une contamination fécale et la présence potentielle d'agents pathogènes similaires du point de vue écologique. *E. coli* est en effet, un microorganisme indicateur des mauvaises pratiques de fabrication et d'hygiène. L'absence totale de ces espèces pathogènes dans les échantillons analysés, constitue un avantage vis-à-vis de la santé des consommateurs (Nijimbere, 2024; Nkurunziza, 2022).

Cette absence totale des germes pathogènes recherchés pourrait être due au traitement thermique de pasteurisation réussi (OMS & FAO, 2022). De plus, l'addition de sucre (abaisse l'activité de l'eau) et de conservateurs (acide citrique rendant le pH < à 4,5) au produit accroit sa stabilité microbiologique (Akkouche & Chikhaoui, 2018). Ceci rend les boissons conformes sur le plan microbiologique (Akkouche & Chikhaoui, 2018; Boukhalfa, 2020).

Néanmoins, au cours de cette étude, nous avons enregistré la présence des germes totaux dans les échantillons BRt2 (2 UFC/ml), BAkt2 (5 UFC/ml) et BRt4 (15 UFC/ml) et la présence des levures et moisissures dans les échantillons BRt2 (144 UFC/ml), BFt2 (17 UFC/ml), BAkt2 (5 UFC/ml) et BFt4 (86 UFC/ml). La présence des moisissures et levures dans les produits alimentaires tels que les jus de fruit ou les boissons aromatisées au gingembre n'est pas toujours considérée comme dangereux sauf si elles dépassent le seuil toléré et qu'elles peuvent synthétiser des mycotoxines qui sont des métabolites toxiques (Benterki & Balah, 2020). L'altération des boissons par les moisissures est due principalement à leurs composition (riches en sucre). La présence des moisissures (mycotoxines) peut provoquer des infections fongiques parfois dangereuses (Benterki & Balah, 2020). Le taux de levures et moisissures des boissons aromatisées au gingembre BRt2 et BFt4 ne répond pas aux normes microbiologique exigées par le BBN (2022) car elles dépassent de loin la référence normative. Néanmoins, les boissons aromatisées au gingembre BRt4, BFt2 et BAkt2 sont conformes à l'exigence des limites établies par le BBN (2022). Ainsi, pour les levures et moisissures, le seuil exigé est inférieur à 30 UFC/ml alors qu'on compte un seuil de 10^2UFC/ml pour les germes totaux.

Dans les travaux de Nijimbere (2024), on a enregistré la présence des germes totaux (264 UFC/ml et 49ufc/ml), levures et moisissures (3.10^2ufc/ml et 14 UFC /ml) sur les boissons Raha Tangawizi et Akanovera Tangawizi. Dans l'étude d'Akkouche & Chikhaoui (2018), l'absence des levures et moisissures a été enregistré sur le nectar de fruit. Dans les travaux de Nkurunziza (2022), la charge des coliformes totaux varie de $5,14.10^2$ UFC/ml à $1,01.10^2$ UFC/ml pour les jus des rues dans la ville de Bujumbura. La présence des levures et moisissures a été également identifiée dans l'étude de Kirati (2019), avec la valeur moyenne maximale de 9.61×10^2UFC/ml enregistrée pour le jus de fraise conservé à température ambiante (à 25 °C) dans une bouteille sombre et une valeur moyenne minimale de 9.6×101 UFC/ml enregistrée pour le jus de fraise conservé à 4°C dans bouteille claire.

La contamination des produits par les moisissures pourrait être d'origines diverses. Par exemple, les jus pressés et frais pourraient être contaminés à cause de leur contact avec l'air et sur des surfaces polluées empêchant ainsi d'obtenir les boissons sures.

De même, le pH acide, l'usage des ingrédients contaminés, la quantité du sucre ajoutée, et les mauvaises manipulations (Nijimbere, 2024), la non efficacité de traitement thermique approprié permettant leurs éliminations complète ainsi que le couple temps-température influencent sur la contamination s'il n'est pas maitrisé.

Ainsi, la pasteurisation doit se faire à 75°C/15min (Akkouche & Chikhaoui, 2018; Benterki & Balah, 2020). La température pourrait être un facteur de contamination car à un pH élevé et à température ambiante, ces deux facteurs favorisent le développement bactérien. Enfin, l'eau non traitée et qui ne répond pas aux normes internationales devient la source fondamentale de contamination des aliments en général (OMS, 2017). Ainsi, le manque des conditions d'hygiène dans les locaux, matériel de préparation des boissons et aussi l'hygiène corporelle (Benterki & Balah, 2020; Nkurunziza, 2022; OMS & FAO, 2022).

IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

IV.1. CONCLUSION

Le but mené dans ce travail, était de contribuer à l'évaluation de la qualité des boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre vendues en province Cibitoke. Les paramètres physicochimiques tels que le degré brix, le potentiel en hydrogène, l'acidité totale, la teneur en alcool éthylique, et microbiologiques comme les germes totaux, Coliformes totaux, *Salmonella ssp, Escherichia coli*, les levures et moisissures ont été déterminés. En ce qui concerne l'analyse physicochimique, quatorze types de boissons ont été analysés et les résultats trouvés nous ont montrés que les boissons aromatisées au gingembre se trouvent dans les limites des normes sauf les boissons BAcn et Bkt. Sur quatre paramètres physicochimiques analysés, l'acidité totale de BAcn et la teneur en alcool éthylique de Bkt se trouvent en dehors des limites normatives du BBN (2022). Les résultats trouvés pour les jus de fruit nous ont montré qu'ils sont dans les limites des normes à l'exception du jus JBB(*) ainsi que les échantillons JMn1(*), JBB4, JBB2$^{(*)}$ et JBB3$^{(*)}$ ayant une teneur en alcool éthylique dépassant celle établie par les normes du BBN. Le jus de fruit JMn1(*) n'est pas conforme à la norme du BBN mais il reste conforme à celle de la commission du codex alimentarius (FAO, 2005).

Au moment de cette étude, cinq types de boisson (une variété du jus de fruits et quatre variétés de boissons aromatisées au gingembre) ont fait l'objet de l'analyse microbiologique. Ainsi, des charges microbiennes élevées de la FAMT, des levures et moisissures ont été mises en évidence pour les boissons aromatisées au gingembre (BRt4, BFt4, BRt2, BFt2, et BAkt2). Les levures et moisissures s'écartent de la valeur normative établie par le BBN pour les boissons BRt2 et BFt4. Cependant, pour les boissons aromatisées au gingembre, BFt2, BAkt2 et BRt4, ces germes totaux mises en évidences sont en quantité ne dépassant pas la valeur normative du BBN. Les résultats de ce travail montrent que la qualité hygiénique reste douteuse et mérite une amélioration pour les échantillons BRt2 et BFt4.

Les consommateurs doivent comprendre qu'il est impossible que la totalité de l'offre des produits alimentaires soit absolument saine. Pour ce, la législation alimentaire doit assurer la garantie de la qualité et l'innocuité des boissons vendues au Burundi et mettre en place des mesures contraignantes visant la protection des consommateurs. Quant aux fabricants, ils doivent développer un système basé sur l'approche HACCP et éviter d'induire les consommateurs en erreur à travers l'étiquetage et la publicité.

IV.2. RECOMMANDATIONS

Dans le but de promouvoir et faciliter la production, la commercialisation et la consommation des boissons à l'intérieur et vers l'extérieur du Pays, nous recommandons ce qui suit :

Au Gouvernement, à travers les institutions chargées de transfert de technologies agroalimentaires et de contrôle de la qualité :

1. Eduquer les industriels sur le respect de la réglementation et de faire l'inspection des boissons de façon régulière et permanente ;
2. Mettre en place un système de renforcement des capacités des fabricants en organisant des séminaires et ateliers visant à améliorer leur compétence en matière de bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication ;
3. Sensibiliser les consommateurs et les commerçants aux risques sanitaires liés à l'altération des boissons.

Aux responsables d'usines de transformation :

1. Développer un système d'autocontrôle comme le HACCP afin de garantir la qualité et l'innocuité de leurs produits ;
2. Former les employeurs sur les règles d'hygiène au lieu de travail.

Aux Consommateurs et aux commerçants :

1. Eviter la consommation et la commercialisation des boissons non étiquetées et prohibées ;
2. Adopter une commercialisation responsable sur le plan sanitaire en évitant d'exposer aux rayonnements solaires les boissons destinées à la vente ;

2. S'impliquer dans le suivi du respect des normes et mesures d'hygiène et de sécurité sanitaire en lien avec les boissons transformées localement en dénonçant aux autorités habilités toute boisson suspecte et non autorisée.

Cette étude mérite d'être approfondie et promet sans doute de bonnes perspectives aux futurs chercheurs de faire des études sur l'évaluation de la qualité des boissons non étudiées, tester la présence du méthanol et des mycotoxines (moisissures ayant des effets nocifs immédiats ou à long terme chez l'homme. Ainsi, des moisissures ont été détectées dans quelques boissons au moment de l'analyse microbiologique) dans toutes les boissons à base de fruits et celles aromatisées au gingembre vendues au Burundi.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abozue, A. C. N. (2022). Isolement et caractérisation phénotypique des microorganismes totaux de l'eau et du sol du site d'orpaillage de Kokumbo (Centre de la Côte d'Ivoire). Mémoire de Master. Université Jean Lorougnon Guede.64.

Adam, G., Mandigon, C., & Witter, L. (2003). Les épices de la santé.1-160.

Adamou, M., Maiga, F., Maguiraga, K. R., Sanogo, A., Coulibaly, M., Traore, A., & Kone, A. Z. (2021). Contrôle de la qualité microbiologique des boissons de fabrication artisanale dans la commune v du district de Bamako. *Revue Malienne de Science et de Technologie*.*02*(25): 4-10.

Adou, M., Kouadio, K. O., & Kouadio, C. D. (2018). Fiche technique d'élaboration et stabilisation d'un sirop mixte à base de jus de gingembre (Zingiber officinale) et d'ananas (Ananas comosus). *Journal of Applied Biosciences*. *6*: 2–6.

Akkouche, T., & Chikhaoui, K. (2018). Caractérisation d'une variété de melon (Cucumis melo-L) et essais de préparation des boissons nectars à base de deux fruits (Melon et mandarine *)*. Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.129.

Ali, S. A. (2008). Transformation du jus de fruits. *Technology challenging poverty*.600:1-12.

Andrianina, H. M. (2016). Emballage et durée de conservation des aliments Emballage et durée de conservation des aliments. Mémoire.Université d'Antananarivo.32.

Andrianjatovo-rarisoa, J. (1970). La banane: Valeur alimentaire et valeur thérapeutique.1-48.

Arvanitoyannis, I. S., & Bosnea, L. (2004). Migration of Substances from Food Packaging Materials to Foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.*44*(2):63–76. https://doi.org/10.1080/10408690490424621

Bach Campa, C. (2012). Evaluation de la migration des constituants de l'emballage en poly (ethylene terephtalate) (PET) vers l'eau, des facteurs d'influence et du potentiel toxique des migrats Ecole Doctorale Energie Mécanique Matériaux. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine. 297.

Bariteau, M., Cavalla, A., Hemy-dumas, T., Menis, C., Person, S., Piroird, E., Robalo, V., Rojer, M., & Sanchez, E. (2022). L'économie circulaire des matériaux d'emballages. Ecole de l'innovation et de la Transition.1-71.

Barral, B. (2022). Maladie des taches noires de l'ananas : étude des relations hôte-pathogène et compréhension des mécanismes physiologiques de résistance. Thèse de doctorat. Université de Montpellier.189.

Bashangwa-Mpozi, B. (2019). Innovations agricoles endogènes : le cas du fruit de la passion au Burundi et comparaison avec le Rwanda et le Kenya. Mémoire de Master. Université de Liège. 265.

BBN. (2022). Projet de norme Burundaise, Boisson alcoolisée au gingembre-spécification.1-9

Belabdi, A. (2018). L'effet de la durée de conservation sur les paramètres physicochimiques et nutritionnels des jus de fruits commercialisés. Mémoire de Master. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. 65.

Belibel, E.-H., & Bouaroudj, S. (2017). Fabrication et contrôle de qualité d'un jus de carottes au gingembre « sans sucre ajouté ». Mémoire de master. Université Mohammed Seddik Ben Yahiya - Jijel. 88.

Benaouadj, F., & Meriem, F. (2012). Etude de quelques paramètres physicochimiques et de la flore microbienne d'un jus d'orange a base de concentré. Mémoire de Master. Université Saad Dahlab de Blida. 113p.

Benterki, A., & Balah, N. (2020). Analyses physico-chimiques et microbiologiques de jus vendu en gobelets. Mémoire de Master. Université Mohamed Khider de Biskra. 80.

Berlinet, C. (2008). Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange. Thèse de doctorat. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires. 269.

Bernard De Raymond, A., Bonnaud, L., & Plessz, M. (2013). Introduction : Les fruits et légumes dans tous leurs états. La variabilité, la périssabilité et la saisonnalité au cœur des pratiques sociales. *Revue d'Etudes En Agriculture et Environnement*.*94*(1): 3–12.

Bonnet-Bruno, C. (2012). Valorisation de la banane Cavendish FWI, à différents stades physiologiques de récolte pour l'obtention par procédés de chimie verte de molécules d'intérêt biologique impliquées dans des activités anti-ulcères et cardiovasculaires. Thèse de doctorat. Université des Antilles et de la Guyane. 175.

Borgès, E. Le. (2019). La consommation d'alcool par les jeunes : un sujet primordial des politiques publiques. Mémoire. Ecole des hautes études en Santé publique.102.

Boukhalfa, A. (2020). Qualité physico-chimique et microbiologique d'une boisson traditionnelle « TAKERWAIT ». Mémoire de Master. Université Kasdi Merbah Ouargla. 93.

Bourrai, A., & Azzouk, A. (2018). Etude phytochimique et l'activité antioxydante de Zingiber officinale. Mémoire de Master. Université Akli Mohand Oulhadj-Bouira. 72.

Boussaid, S., & Boumeraou, S. (2020). Etude de la stabilité d'un emballage plastique pour la conservation des produits alimentaires. Mémoire de Master. Université A.Mira-Bejaiar. 66.

Cailleau, R., Colosio, M.-C., & Coarer, M. (2023). Les essentiels: Quel rôle jouent les levures dans la fermentation alcoolique des vins? *IFV*. 15.

Cendres, A. (2010). Procédé novateur d'extraction de jus de fruits par micro-onde : viabilité de fabrication et qualité nutritionnelle des jus. Thèse de doctorat. Université Avignon et des Pays de Vaucluse. 288.

Chenon, P., Thevenin, N., & Benbrahim, M. (2012). Guide pour l'échantillonnage (Version V2).1-17.

Cheroual, A. (2020). Les altérations alimentaires: Laboratoire d'Hydrologie-Bromatologie.1-5.

CIRAD. (2014). La qualité de la banane tout au long de la filière. 2-5.

Cisse, O. I. K. (2020). Les boissons fermentées traditionnelles du Sénégal : diagnostic des procèdes, études de la maturation et essais de stabilisation. Thèse de doctorat. Université Cheikh Anta Diop de Dakar.185.

Clain, A. (2015). Hygiène en entreprise agro-alimentaires:les bonnes pratiquesd'hygiène en production et la norme ISO 22000.1-30.

CNE. (2011). Prévention du gaspillage et des pertes des produits de grande consommation : Le rôle clé de l'emballage.1-19.

Cnuced. (2016). Ananas - Un profil de produit de base par information et comminication: Fonds de la CNUCED pour l'information sur les marchés des produits de base agricoles. In *Cnuced* (Vol. 10).8-14.

Codex. (2005). Normes générales codex pour les jus et nectars de fruits (codex stan 247-2005).1-19.

Combris, P., Amiot-Carlin, M. J., Baberger-Gateau, P., Bouhsina, Z., Caillavet, F., Causse, M., Chervin, C., Chevassus-Lozza, E., Codron, J. M., Dallongeville, J., Dauchet, L., Delcourt, C., Demigné, C., Dosba, F., Dupont, C., Gurviez, P., Martel, P., Mauget, J. C., Nicklaus, S., … Champenois, A. (2007). Les fruits et légumes dans l'alimentation. *Expertise scientifique Collective*. http://www.inra.fr/l-institut/expertise/expertises-realisees/les-fruits-et-legumes-dans-l-alimentation-rapport-d-expertise.1-84.

Cutberto, G. e. al. (2001). Food Safety Policy , Science , and Risk Assessment : Strengthening the Connection.1-51.

Delalonde, A. (2018). Evolution du contexte économique extérieur: Jus de fruits (ISO: 22000). *Resagro Magazine*. 68.

Dogan, H., Miller, D. D., Murphy, P. A., Morawicki, R., Bemiller, N. J., & Nielsen, S. S. (2010). *Food Analysis* (S. S. Nielsen; Fourth edition). https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1. 219-229.

EAC. (2001). East African Standard: Hygiene in the food and drink manufacturing industry-Code of practice 39: 1-35.

Ezoua, P., Biego, H., Kouame, D., & Agbo, N. (2014). Détermination de la Composition en sucres , alcools et évolution des paramètres physico-chimiques au cours de la conservation du jus de fruit de ronier (borassus aethiopum, mart., arecaceae). *J. Sci. Pharm. Biol.*, *9*(January 2008), 44–56.

Fabbe-costes, N., & Lemaire, C. (2021). La traçabilité totale d'une supply chain : principes, obstacles et perspectives de mise en oeuvre. *Revue Française de Gestion Industrielle.20*(3): 32.

FAO/OMS. (2012). Guide FAO/OMS pour l'élaboration et l'amélioration des systèmes de rappel et de suivi des aliments au niveau national. http://www.fao.org/food/food-safety-quality/fr%5Cnhttp://www.who.int/foodsafety.1-76.

FAO. (2005). Ordonnance du département fédéral de l'intérieur sur les boissons alcoolisées.1-94.

FAO. (2008). Introduction aux concepts de la sécurité alimentaire Guides pratiques (N0.03-17).1-4.

FAO. (2021a). Fruits et légumes-éléments essentiels de ton alimentation. Année internationale des fruits et légumes. https://doi.org/10.4060/cb2395fr.1-94.

FAO. (2021c). Manuel sur l'étiquetage des denrées alimentaires pour la protection des consommateurs.1-62.

FAO, & OMS. (2003a). Garantir la sécurité sanitaire et la qualité des aliments: Directives pour le renforcement des systèmes nationaux de contrôle alimentaire.1-88.

FAO, & OMS. (2003b). Programme mixte fao/oms sur les normes alimentaires commission du codex alimentarius.23-26.

FAO, & OMS. (2009). Codex alimentarius : Hygiène des denrées alimentaires (4ème édition).152.

FAO, & OMS. (2018a). Le commerce et les normes alimentaires*: Vol. Numéro 177* (Issue 1). https://www.fao.org/3/i7407fr/I7407FR.pdf.1-72.

FAO, & OMS. (2018b). Norme générale pour l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées CXS 1-1985.

FAO, & OMS. (2021). Codex alimentarius: norme générale pour l'étiquetage des récipients de denrées alimentaires non destinés à la vente au détail cxs 346-2021.1-4.

FAO, & OMS. (2022a). Codex alimentarius-normes alimentaires internatioles : norme générale pour les jus et les nectars de fruits cxs 247-2005.1-21.

FAO, & OMS. (2022b). Manupulion d'aliments : Manuel de l'élèvage.1-72.

FAO, & WHO. (2018). Codex alimentarius: general standard for the labelling of prepackaged foods cxs 1-1985.1-9.

Faradji-Hamma, S. (2017). Techniques de contrôle microbiologique des aliments. Mémoire de Master. Université Abderrahmane Mira de Béjaïa.107.

Gaillard, J.-P. (2013). Fruit de la passion. Observatoire des marchés du Cirad.1-44.

Gboho, A. F. (2013). Etude pilote sur l'analyse de paramètres physico-chimiques de boissons de fabrication artisanale après contact avec le milieu buccal. Thèse de doctorat. Université de Cote d'Ivoire.78.

Grigoras, C. (2012). Valorisation des fruits et des sous-produits de l'industrie de transformation des fruits par extraction des composés bioactifs. Thèse de doctorat. Université Orléans. 262.

Guira, H., & Garbouz, A. (2023). Les risques liés aux emballages alimentaires. Mémoire de Master. Université Ziane Achour-Djelfa.91.

Haendrler, L. (1966). Produits de transformation de la banane, *7*, 14–19.

Hammoudi, I., & Fekiri, F. (2021). Etude comparative des activités antioxydantes des extraits des rhizomes de Zingiber officinale (Gingembre) et du gingembre instantané commercialisé. Mémoire de Master. Université Abou Baker Belkaid –Tlemcen. 61.

Hashazinka, M. J., Kwizera, C., Nshimirimana, D., Ntisinzira, M. C., Ntiranyibagira, I., Niyonkuru, S., Ntahimpera, J. B., Barunkenyereye, A., Ntahonkuriye, A. P., Ndikuriyo, A., Nsabimana, S., Irakoze, M. M., Habimana, O. A., Ntibakivayo, M. P. C., & Ndikumagenge, M. S. (2018). Plan national de développement du Burundi 2018-2027.

Hendel, M. oul hadj. (2018). Contribution à l'étude du management de la sécurité des aliments au sein de l'industrie laitière de la wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master. Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.56.

Huberson, A. (2008). Evolution du pH pendant la fermentation alcoolique de moûts de raisins : modélisation et interprétation métabolique. institut national polytechnique de Toulouse. Thèse de doctorat. Institut polytechnique de Toulouse. 137.

Idir, F., & Ikkène, L. (2018). Contrôle de la qualité physico-chimiques , microbiologiques et organoleptiques des préparations de fruits après la durée limite d'utilisation optimale (DLUO) de l'industrie ELAFRUITS. Mémoire de Master. Université de Béjai. 86.

ISO 6579-1. (2017). Norme internationale: Microbiologie de la chaîne alimentaire-méthode horizontale pour la recherche, le dénombrement et le sérotypage des *Salmonella*. https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6cce484a-0ac8-4d1f-aef5.1-7.

ISO750. (1998). Fruit and vegetable products-determination of titratable acidity produits.1-8.

ISTEEBU. (2008). Recensement général de la population et de l'habitat du Burundi 2008.1-88.

ANNEXES

Annexe 1 : Autres matériels utilisés

Des centres de recherche de documentation et des centres bibliothécaires ont été consultés dans le but d'avoir des informations utiles pour ce mémoire, Il s'agit notamment de la bibliothèque centrale de Mutanga et Z-library. Les supports de cours proposés durant le cursus de formation académique ainsi que des sites Web (surtout le Google et Google Schorar), ont été consultés pour compléter les informations et collecter des données concernant le thème de recherche. En plus, les logiciels (Excel, Microsoft Office Word et Mendeley) ont été utilisés au cours de la rédaction de ce mémoire.

Annexe 2 : Liste des boissons étudiées : (A) Boissons aromatisées au gingembre, (B) Jus de fruits, (C) Muvango, (D) Kosora Tangawizi, (E) Jus Mera neza, (F) Akacu naturelle



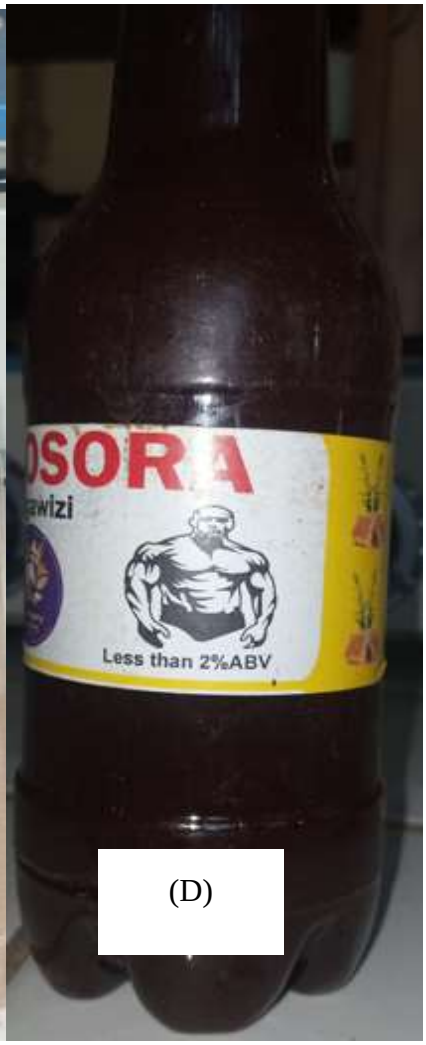
(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

(1) Kirungo Tangawizi, (2) Nakeza Tea, (3) Akanovera Tangawizi, (4) Fungus Tea, (5) Raha Tangawizi, (6) Novaria Gingembre, (7) Ajeniteka Tangawizi, (a) Jus de banane B, (b) Jus de banane A et (c) Jus Gashokaneza.

Annexe 3 : Liste des boissons aromatisées au gingembre et jus de fruit vendues en province Cibitoke

Nom du produit	**Société**	**Adresse (producteur)**
Agakura Tangawizi	Burundi snapple Company	Carama 3, 6ème Av Bubanza RN9 Bja Burundi
Vico Tangawizi	Victory beverage	Plot no 27 chaussée d'Uvira Bja-Burundi
Raha Tangawizi	Imena	Kayanza
Sangira gingembre	Inturire Burundi Products	Blv de l'OUA Av Ruhwa N0 5
Akanovera Tangawizi	Tibu	Ngozi
Karamara Tangawizi	Tutarudi Company	Ngagara Q.10 Bujumbura
Apple punch	Azam	Tanzanie
Novaria gingembre	Ciagricom	Bja,Q.Industriel Av Mukoni
Nakeza Tea	Naat burundi	Bujumbura,Q. Industriel
Fungus Tea	Arise and Shine Burudi	Bujumbura,Q. Industriel
Mangue boisson	Star Muco	Ntahangwa Buterere Kiyange
Akezamutima	Akezamutimqa company	Bja, Q. Indistriel (kabusa) Av 19 No14
Impembero Tangawizi	Happy Company	Q. Indistriel
Muvango (tangawizi)	Coopérative gashokaneza	Cibitoke-Mabayi
Gashokaneza	Coopérative gashokaneza	Cibitoke-Mabayi
Mera neza	Ajeniteka	Cibitoke
Ajeniteka Tangawizi	Ajeniteka	Cibitoke
Jus de banane I		Cibitoke-Mabayi
Jus de banane II	Coopérative Sheba	Cibitoke-Mabayi
Tamu Tamu Tangawizi		Ngagara Q. Industriel
Coriandre gingembre	Burundi Bwejo développement Centre	Bja Burundi aéroport Av de la démocratie Mwizero N2
Power Tangawizi		Bujumbura-Burundi
Jus naturelle	Umuco	Carama Av Kuryamabeni
kosora Tangawizi	King Company	Ngozi
Kirungo Tangawizi	Brigth Company	Bujumbura Q.Industriel Av Kigeri
Akacu Naturelle	CGT	Makamba-Mabanda
Twist Tangawizi	Sayona drinks	Tanzanie

Nom du produit	**Société**	**Adresse (producteur)**
Orange splash	Azam	Tanzanie
Fursana	Azam	Tanzanie
Jus d'ananas	Ajeniteka	Cibitoke
Furaha soft drink	Imena	Kayanza
Keza-kacu	Burundi Snapple Company	Carama 3,6ème Av Bubanza
Aquavie gingembre	Savonor-liquids	Bja,Chaussée d'Uvira Q. Industriel
Mango fruit juice drink	Azam	Tanzanie
Safi (Maracoudja)	Savi business Company (SAFIBU)	Carama Av Mukundanya N0 10
Nice ginger	Nice water	Bujumbura-Muyira
Pomme boisson	Go-flesh entreprise	Bja-Burundi Ntahangwa buterere Kiyange
Nezerwa	Imena	Kayanza

Annexe 4 : Liste détaillée des séries 2 et 4 d'échantillonnage

Nom du produit	**Date de fabrication du produit**	**Lieu de collecte**	**Séries 1 et 2**				
			Nombre d'échantillons collectés	**Point de vente formelle**	**Unité de transformation**	**Paramètres microbiologiques analysés**	**Paramètres physicochimiques étudiés**
BRt	Le 25/02/024	Mabayi centre, Cibitoke	12	12	0	FAMT, CT, Salmonella, E.coli, Levures et moisissures	Acidité total, pH, °B et teneur en alcool éthylique
	Le 28/03/2024		12	12			
JMn	Pas de date de fabrication sur l'étiquette	Cibitoke centre	12	12	12	FAMT, CT, Salmonella, E.coli, Levures et moisissures	Acidité total, pH, °B et teneur en alcool éthylique
			12	0			
BAkt	Le 20/02/2024	Rugombo centre, Cibitoke	12	12	0	FAMT, CT, Salmonella, E.coli, Levures et moisissures	Acidité total, pH, °B et teneur en alcool éthylique
	Le 10/04/2024		12	12			
BNzt	Septembre, 2023	Marché Cibitoke,Mabayi	12	12	0	FAMT, CT, Salmonella, E.coli, Levures et moisissures	Acidité total, pH, °B et teneur en alcool éthylique
	Janvier, 2024		12	12			
BFt	Novembre,2023	Cibitoke(boutique) et Marché Mabayi	12	12	0	FAMT, CT, Salmonella, E.coli, Levures et moisissures	Acidité total, pH, °B et teneur en alcool éthylique
	Mars, 2024		12	12			

Annexe 5 : Résultats détaillés de la mesure du degré brix de tous les produits analysés

Produit	N	Moyenne	Ecart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Minimum	Maximum
					Borne inférieure	Borne supérieure		
BAJt1	3	4,43	0,07937	0,04583	4,2328	4,627	4,37	4,52
BAJt2	3	4	0	0	4	4	4	4
BAJt3(*)	3	6	0	0	6	6	6	6
BAJt4(*)	3	6	0	0	6	6	6	6
BFt1	3	4,2667	0,05774	0,03333	4,1232	4,41	4,2	4,3
BFt2	3	3,44	0,3079	0,17776	2,6751	4,205	3,1	3,7
BFt3	3	2	0	0	2	2	2	2
BFt4	3	2,76	0,2	0,11547	2,2632	3,257	2,56	2,96
BRt1	3	10,3333	0,15275	0,08819	9,9539	10,71	10,2	10,5
BRt2	3	7,61	0,3747	0,21633	6,6792	8,541	7,19	7,91
BRt3	3	7	0	0	7	7	7	7
BRt4	3	8,43	0,2	0,11547	7,9332	8,927	8,23	8,63
BAkt1	3	12,2667	0,32146	0,18559	11,4681	13,07	11,9	12,5
BAkt2	3	13,4	0,1	0,05774	13,1516	13,65	13,3	13,5
BAkt3	3	11	0	0	11	11	11	11
BAkt4	3	7,06	0,05292	0,03055	6,9286	7,191	7	7,1
BNzt1	3	6,6	0	0	6,6	6,6	6,6	6,6
BNzt2	3	7,21	0,21	0,12124	6,6883	7,732	7	7,42

Produit	N	Moyenne	Ecart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Minimum	Maximum
					Borne inférieure	Borne supérieure		
BNzt3	3	4,8	0,17321	0,1	4,3697	5,23	4,7	5
Bkt1	3	9,1333	0,05774	0,03333	8,9899	9,277	9,1	9,2
Bkt2	3	8	0	0	8	8	8	8
BKot1	3	6,1667	0,28868	0,16667	5,4496	6,884	6	6,5
BKot2	3	5	0	0	5	5	5	5
BM1	3	14,6667	0,57735	0,33333	13,2324	16,1	14	15
BM2(*)	3	14	0	0	14	14	14	14
BM3	3	14,3333	0,57735	0,33333	12,8991	15,77	14	15
BM4(*)	3	14	0	0	14	14	14	14
BNG1	3	2,7333	0,05774	0,03333	2,5899	2,877	2,7	2,8
BNG2	3	2,4667	0,26407	0,15246	1,8107	3,123	2,18	2,7
BAcn1	3	5,1667	0,28868	0,16667	4,4496	5,884	5	5,5
BAcn2	3	5	0	0	5	5	5	5
JG1	3	12,9667	0,11547	0,06667	12,6798	13,25	12,9	13,1
JG2(*)	3	12	0	0	12	12	12	12
JG3	3	14	0	0	14	14	14	14
JG4(*)	3	14	0	0	14	14	14	14
JBB1	3	15,0667	0,05774	0,03333	14,9232	15,21	15	15,1
JBB2(*)	3	13	0	0	13	13	13	13

Produit	N	Moyenne	Ecart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Minimum	Maximum
					Borne inférieure	Borne supérieure		
JBB3(*)	3	13	0	0	13	13	13	13
JBB4	3	13	0	0	13	13	13	13
JBA1(*)	3	14,2333	0,11547	0,06667	13,9465	14,52	14,1	14,3
JBA2(*)	3	15	0	0	15	15	15	15
JMn1(*)	3	14,3	0,55678	0,32146	12,9169	15,68	13,8	14,9
JMn2(*)	3	17,58	0,51884	0,29956	16,2911	18,87	17	18

Annexe 6 : Résultats détaillés de la mesure du pH des boissons analysées

Produit	N	Moyenne	Ecart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Minimum	Maximum
					Borne inférieure	Borne supérieure		
BAJt1	3	3,56	0,0781	0,04509	3,366	3,754	3,47	3,61
BAJt2	3	3,93	0,02646	0,01528	3,8643	3,996	3,9	3,95
BAJt3(*)	3	3,9867	0,00577	0,00333	3,9723	4,001	3,98	3,99
BAJt4(*)	3	3,44	0,06928	0,04	3,2679	3,612	3,4	3,52
BFt1	3	3,7767	0,01528	0,00882	3,7387	3,815	3,76	3,79
BFt2	3	3,49	0,15588	0,09	3,1028	3,877	3,4	3,67
BFt3	3	3,93	0	0	3,93	3,93	3,93	3,93
BFt4	3	3,48	0,13892	0,08021	3,1349	3,825	3,39	3,64

Produit	N	Moyenne	Ecart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Minimum	Maximum
					Borne inférieure	Borne supérieure		
BRt1	3	3,46	0,01	0,00577	3,4352	3,485	3,45	3,47
BRt2	3	3,76	0,08718	0,05033	3,5434	3,977	3,66	3,82
BRt3	3	3,96	0	0	3,96	3,96	3,96	3,96
BRt4	3	3,58	0,20664	0,1193	3,0667	4,093	3,41	3,81
BAKt1	3	3,7233	0,01528	0,00882	3,6854	3,761	3,71	3,74
BAKt2	3	3,52	0,08718	0,05033	3,3034	3,737	3,46	3,62
BAKt3	3	3,75	0	0	3,75	3,75	3,75	3,75
BAKt4	3	3,14	0,151	0,08718	2,7649	3,515	3	3,3
BNzt1	3	3,4067	0,01528	0,00882	3,3687	3,445	3,39	3,42
BNzt2	3	3,32	0,16462	0,09504	2,9111	3,729	3,22	3,51
BNzt3	3	3,31	0,31	0,17898	2,5399	4,08	3	3,62
Bkt1	3	3,5467	0,01528	0,00882	3,5087	3,585	3,53	3,56
Bkt2	3	3,8367	0,00577	0,00333	3,8223	3,851	3,83	3,84
BKot1	3	3,7633	0,00577	0,00333	3,749	3,778	3,76	3,77
BKot2	3	4,1	0	0	4,1	4,1	4,1	4,1
BM1	3	4,98	0	0	4,98	4,98	4,98	4,98
BM2(*)	3	4,98	0	0	4,98	4,98	4,98	4,98
BM3	3	4,98	0	0	4,98	4,98	4,98	4,98
BM4(*)	3	4,98	0	0	4,98	4,98	4,98	4,98

Produit	N	Moyenne	Ecart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Minimum	Maximum
					Borne inférieure	Borne supérieure		
BNG1	3	3,7367	0,01528	0,00882	3,6987	3,775	3,72	3,75
BNG2	3	3,72	0,25239	0,14572	3,093	4,347	3,51	4
BAcn1	3	2,9067	0,00577	0,00333	2,8923	2,921	2,9	2,91
BAcn2	3	3,1	0,34641	0,2	2,2395	3,961	2,9	3,5
JG1	3	4,7067	0,00577	0,00333	4,6923	4,721	4,7	4,71
JG2(*)	3	4,4433	0,00577	0,00333	4,429	4,458	4,44	4,45
JG3	3	5,23	0	0	5,23	5,23	5,23	5,23
JG4(*)	3	5,25	0	0	5,25	5,25	5,25	5,25
JBB1	3	4,7033	0,00577	0,00333	4,689	4,718	4,7	4,71
JBB2(*)	3	5,5333	0,00577	0,00333	5,519	5,548	5,53	5,54
JBB3(*)	3	5,5367	0,00577	0,00333	5,5223	5,551	5,53	5,54
JBB4	3	5,53	0	0	5,53	5,53	5,53	5,53
JBA1(*)	3	4,7367	0,00577	0,00333	4,7223	4,751	4,73	4,74
JBA2(*)	3	4,7	0,26458	0,15275	4,0428	5,357	4,4	4,9
JMn1(*)	3	3,5	0	0	3,5	3,5	3,5	3,5
JMn2(*)	3	3,32	0	0	3,32	3,32	3,32	3,32

Annexe 7 : Résultats détaillés de l'analyse de l'acidité totale de toutes les boissons analysées

Produit	N	Moyenne	Ecart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Minimum	Maximum
					Borne inférieure	Borne supérieure		
BAJt1	3	6,1000	,36056	,20817	5,2043	6,9957	5,70	6,40
BAJt2	3	3,8	0,2358	0,13614	3,2142	4,386	3,54	4
BAJt3(*)	3	3,3333	0,46188	0,26667	2,186	4,481	2,8	3,6
BAJt4(*)	3	3,8	0	0	3,8	3,8	3,8	3,8
BFt1	3	3,4667	0,80829	0,46667	1,4588	5,475	3	4,4
BFt2	3	5,4	0,16	0,09238	5,0025	5,798	5,24	5,56
BFt3	3	5,0667	0,11547	0,06667	4,7798	5,354	5	5,2
BFt4	3	5,02	0,03464	0,02	4,9339	5,106	5	5,06
BRt1	3	7,3	0,17321	0,1	6,8697	7,73	7,2	7,5
BRt2	3	3,5	0,19698	0,11372	3,0107	3,989	3,34	3,72
BRt3	3	3,8	0	0	3,8	3,8	3,8	3,8
BRt4	3	4,5	0	0	4,5	4,5	4,5	4,5
BAKt1	3	5,8	0,2	0,11547	5,3032	6,297	5,6	6
BAKt2	3	4,4	0,3	0,17321	3,6548	5,145	4,1	4,7
BAKt3	3	5,3	0,1	0,05774	5,0516	5,548	5,2	5,4
BAKt4	3	4,57	0,15395	0,08888	4,1876	4,952	4,4	4,7
BNzt1	3	11,4	0,2	0,11547	10,9032	11,9	11,2	11,6

Produit	N	Moyenne	Ecart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Minimum	Maximum
					Borne inférieure	Borne supérieure		
BNzt2	3	8,9	0,09165	0,05292	8,6723	9,128	8,82	9
BNzt3	3	8,25	0,25	0,14434	7,629	8,871	8	8,5
Bkt1	3	9,4	0,2	0,11547	8,9032	9,897	9,2	9,6
Bkt2	3	8,8667	0,11547	0,06667	8,5798	9,154	8,8	9
BKot1	3	7,8667	0,23094	0,13333	7,293	8,44	7,6	8
BKot2	3	6,7333	0,30551	0,17638	5,9744	7,492	6,4	7
BM1	3	5,2	0,34641	0,2	4,3395	6,061	4,8	5,4
BM2(*)	3	5,4	0	0	5,4	5,4	5,4	5,4
BM3	3	6	0,4	0,23094	5,0063	6,994	5,6	6,4
BM4(*)	3	5,4	0	0	5,4	5,4	5,4	5,4
BNG1	3	6,8	0,34641	0,2	5,9395	7,661	6,6	7,2
BNG2	3	7,2	0	0	7,2	7,2	7,2	7,2
BAcn1	3	15,7333	0,75719	0,43716	13,8524	17,61	15,2	16,6
BAcn2	3	15,2	0	0	15,2	15,2	15,2	15,2
JG1	3	3,7	0,26458	0,15275	3,0428	4,357	3,5	4
JG2(*)	3	11,6667	0,57735	0,33333	10,2324	13,1	11	12
JG3	3	4,2	0	0	4,2	4,2	4,2	4,2
JG4(*)	3	3,6	0	0	3,6	3,6	3,6	3,6
JBB1	3	2,8	0,69282	0,4	1,0789	4,521	2,4	3,6

Produit	N	Moyenne	Ecart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Minimum	Maximum
					Borne inférieure	Borne supérieure		
JBB2(*)	3	2,4	0	0	2,4	2,4	2,4	2,4
JBB3(*)	3	2,2	0	0	2,2	2,2	2,2	2,2
JBB4	3	1,9333	0,11547	0,06667	1,6465	2,22	1,8	2
JBA1(*)	3	2,8	0,69282	0,4	1,0789	4,521	2,4	3,6
JBA2(*)	3	3,6	0	0	3,6	3,6	3,6	3,6
JMn1(*)	3	4,8	0	0	4,8	4,8	4,8	4,8
JMn2(*)	3	5,1	0,04583	0,02646	4,9862	5,214	5,05	5,14

Annexe 8 : Résultats détaillés de la teneur en alcool éthyliques des boissons analysées

Produit	N	Moyenne	Ecart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Minimum	Maximum
					Borne inférieure	Borne supérieure		
BAJt1	3	4,18	0,20298	0,11719	3,6758	4,684	4	4,4
BAJt2	3	1,67	0,19	0,1097	1,198	2,142	1,48	1,86
BAJt3(*)	3	6,77	0,21656	0,12503	6,232	7,308	6,57	7
BAJt4(*)	3	6,18	0,23065	0,13317	5,607	6,753	6	6,44
BFt1	3	2,35	0,0866	0,05	2,1349	2,565	2,3	2,45
BFt2	3	4,8	0,1	0,05774	4,5516	5,048	4,7	4,9
BFt3	3	7,73	0,25632	0,14799	7,0933	8,367	7,49	8

Produit	N	Moyenne	Ecart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Minimum	Maximum
					Borne inférieure	Borne supérieure		
BFt4	3	3,68	0,28844	0,16653	2,9635	4,397	3,44	4
BRt1	3	3,4767	0,3695	0,21333	2,5588	4,395	3,05	3,69
BRt2	3	2,28	0,04583	0,02646	2,1662	2,394	2,24	2,33
BRt3	3	3,16	0,04	0,02309	3,0606	3,259	3,12	3,2
BRt4	3	2,8	0,2	0,11547	2,3032	3,297	2,6	3
BAKt1	3	2,99	0,16523	0,09539	2,5796	3,4	2,83	3,16
BAKt2	3	2,16	0,06245	0,03606	2,0049	2,315	2,09	2,21
BAKt3	3	5,81	0,24	0,13856	5,2138	6,406	5,57	6,05
BAKt4	3	7,42	0,50239	0,29006	6,172	8,668	7,12	8
BNzt1	3	7,58	0,22517	0,13	7,0207	8,139	7,36	7,81
BNzt2	3	5,52	0,41581	0,24007	4,4871	6,553	5,27	6
BNzt3	3	6,14	0,08718	0,05033	5,9234	6,357	6,04	6,2
Bkt1	3	11,38	0,91241	0,52678	9,1134	13,65	10,8	12,4
Bkt2	3	14	0,2	0,11547	13,5032	14,5	13,8	14,2
BKot1	3	4,4533	0,60086	0,34691	2,9607	5,946	3,81	5
BKot2	3	4,58	0,29462	0,1701	3,8481	5,312	4,32	4,9
BNG1	3	8,0467	2,035	1,17491	2,9914	13,1	5,71	9,43
BNG2	3	6,14	0,74478	0,43	4,2899	7,99	5,71	7
BAcn1	3	9,14	0,81222	0,46893	7,1223	11,16	8,21	9,71

Produit	N	Moyenne	Ecart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne		Minimum	Maximum
					Borne inférieure	Borne supérieure		
BAcn2	3	9,1	0,91652	0,52915	6,8233	11,38	8,3	10,1
JBB1	3	0	0	0	0	0	0	0
JBB2(*)	3	0,4667	0,05774	0,03333	0,3232	0,61	0,4	0,5
JBB3(*)	3	0,83	0,13856	0,08	0,4858	1,174	0,75	0,99
JBB4	3	0,5	0,17321	0,1	0,0697	0,93	0,4	0,7
JMn1(*)	3	0,44	0,05292	0,03055	0,3086	0,571	0,4	0,5
JMn2(*)	3	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 9 : Valeurs des paramètres physicochimiques de 14 catégories de boissons

Type de produit	**Degré brix (%), RN : Non exigé (+) ; Min. 12(**)**	**pH ; RN : Non exigé(+) ; Min. 2,5(**) et < 6,3**	**Acidité (totale) en g/l RN : 4-15(+) ; Non exigé (**)**	**Degré d'alcool (%) RN : 0,6-10(+) ; Max. 0,3(**)**
Première série d'échantillonnage : 25 Janvier, 2024				
BAJt1	4,43	3,56	6,10	4,18
BFt1	4,26	3,77	3,46	2,35
BKt1	9,13	3,54	9,40	11,38
BRt1	10,33	3,46	7,30	3,47
BNG1	2,73	3,73	6,80	8,04
BNG2	2,46	3,72	7,20	6,14
BAkt1	12,26	3,72	5,80	2,99
BNzt1	6,60	3,40	11,40	7,58
JB A1(*)	14,23	4,73	2,80	-
JBA2(*)	15.00	4,70	3,60	-
JB B1	15,06	4,70	2,80	0,00
JG1	12,96	4,70	3,70	0,00
BKot1	6,16	3,76	7,86	4,45
BAcn1	5,16	2,90	15,73	9,14
BAcn2	5.00	3,10	15,20	9,10
BM1	14,66	4,98	5,20	0,00
Deuxième série d'échantillonnage: Du 28-30 Mars, 2024				

Type de produit	**Degré brix (%), RN : Non exigé (+) ; Min. 12(**)**	**pH ; RN : Non exigé(+) ; Min. 2,5(**) et < 6,3**	**Acidité (totale) en g/l RN : 4-15(+) ; Non exigé (**)**	**Degré d'alcool (%) RN : 0,6-10(+) ; Max. 0,3(**)**
BRt2	7,61	3,76	3,5	2,28
BFt2	3,44	3,49	5,4	4,8
BAkt2	13,4	3,52	4,4	2,16
JMn1(*)	14,3	3,5	4,8	0,44
BNzt2	7,21	3,32	8,9	5,52
Troisième série d'échantillonnage: Du 13-15 Mai, 2024				
BAJt2	4	3,93	3,8	1,67
BAJt3(*)	6	3,98	3,33	6,77
BAJt4(*)	6	3,44	3,8	6,18
BFt3	2	3,93	5,06	7,73
BKt2	8	3,83	8,86	14
BRt3	7	3,96	3,8	3,16
BAkt3	11	3,75	5,3	5,81
JB B2(*)	13	5,53	2,4	0,46
JB B3(*)	13	5,53	2,2	0,83
JB B4	13	5,53	1,93	0,5
JG2(*)	12	4,44	11,66	0
JG3	14	5,23	4,2	0
JG4(*)	14	5,25	3,6	0

Type de produit	**Degré brix (%), RN : Non exigé (+) ; Min. 12(**)**	**pH ; RN : Non exigé(+) ; Min. 2,5(**) et < 6,3**	**Acidité (totale) en g/l RN : 4-15(+) ; Non exigé (**)**	**Degré d'alcool (%) RN : 0,6-10(+) ; Max. 0,3(**)**
BKot2	5	4,1	6,73	4,58
BM2(*)	14	4,98	5,4	0
BM3	14,33	4,98	6	0
BM4(*)	14	4,98	5,4	0
Quatrième série d'échantillonnage: Du 4-6 Juin, 2024				
BRt4	8,43	3,58	4,5	2,8
BFt4	2,76	3,48	5,02	3,68
BAkt4	7,06	3,14	4,57	7,42
JMn2(*)	17,58	3,32	5,10	0,00
BNzt3	4,80	3,31	8,25	6,14

- : Non effectué ;

(*) : Les échantillons collectés auprès des usines de transformation (ou dans les stocks de ces unités de transformation) et les codages sans astérisque illustrent les échantillons collectés auprès des points de vente formelle. Les numéros attribués au codage correspondent aux numéros des séries d'échantillonnage effectuées ;

RN : Référence normative (BBN, 2022) ;

(+) : Concerne les boissons aromatisées au gingembre ;

(**) : Norme valable pour les jus de fruit.